

Школа: Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника

Отделение школы Электроэнергетики и электротехники

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Электроснабжение Международного аэропорта Сабетты, ЯНАО</b>

УДК 621.31.031:656.71(571.121)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5A4ДЗ	Богданов А.Е.		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Климова Г.Н	к.т.н., доцент		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Завьялова З.С.	к.ф.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дашковский А.Г.	к.т.н.		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника	Шестакова В.В.	к.т.н., доцент		

**Запланированные результаты обучения профессиональные и общекультурные компетенции по основной образовательной программе подготовки бакалавров 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»,  
Электроснабжение**

Код результ ата	Результат обучения	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
<b>P1</b>	Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа электроэнергетических систем и электрических сетей.	Требования ФГОС (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОК-4, ОПК-2, ОПК-3), <i>CDIO Syllabus</i> (1.1), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<b>P2</b>	Уметь формулировать задачи в области электроэнергетических систем и сетей, анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.	Требования ФГОС (ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3), <i>CDIO Syllabus</i> (2.1), Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<b>P3</b>	Уметь проектировать электроэнергетические системы и электрические сети	Требования ФГОС (ОК-3, ПК-3, ПК-4, ПК-9), <i>CDIO Syllabus</i> (4.4), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<b>P4</b>	Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния электрооборудования, объектов электрических сетей энергосистем, а также энергосистемы целом, интерпретировать данные и делать выводы.	Требования ФГОС (ОПК-2, ОПК-3, ПК-1, ПК-2, ПК-5, ПК-12, ПК-14, ПК-15), <i>CDIO Syllabus</i> (2.2), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<b>P5</b>	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области электроэнергетических систем и электрических сетей.	Требования ФГОС (ОПК-2, ПК-11, ПК-13, ПК-18), <i>CDIO Syllabus</i> (4.5), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<b>P6</b>	Иметь практические знания принципов и технологий электроэнергетической отрасли, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.	Требования ФГОС (ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-16, ПК-17), <i>CDIO Syllabus</i> (4.6), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

Универсальные компетенции		
Код результата	Результат обучения	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<b>P7</b>	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области электроэнергетических систем.	Требования ФГОС (ПК-20, ПК-19, ПК-21), <i>CDIO Syllabus</i> (4.3, 4.7, 4.8), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<b>P8</b>	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в области электрических сетей энергосистем.	Требования ФГОС (ОК-5, ОПК-1, ПК-2), <i>CDIO Syllabus</i> (3.2, 4.7), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<b>P9</b>	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области электроэнергетических систем и сетей.	Требования ФГОС (ОК-6), <i>CDIO Syllabus</i> (3.1), Критерий 5 АИОР (п. 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<b>P10</b>	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1, ОК-2, ОК-5, ОК-6), <i>CDIO Syllabus</i> (2.5), Критерий 5 АИОР (п. 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<b>P11</b>	Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области электроэнергетических систем и сетей с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.	Требования ФГОС (ОК-4, ОК-8, ОК-9, ПК-3, ПК-4, ПК-10), <i>CDIO Syllabus</i> (4.1), Критерий 5 АИОР (п. 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<b>P12</b>	Быть заинтересованным в непрерывном обучении и совершенствовании своих знаний и качеств в области электроэнергетических систем и сетей.	Требования ФГОС (ОК-7, ОК-8), <i>CDIO Syllabus</i> (2.6), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа энергетики  
 Направление подготовки 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника  
 Отделение школы Электроэнергетики и электротехники

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
 (Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

### **ЗАДАНИЕ** **на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

<b>Бакалаврской работы</b>
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-5А4ДЗ	Богданов Алексей Евгеньевич

Тема работы:

<b>Электроснабжение Международного аэропорта Сабетты, ЯНАО</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	ИШЭ от 11.12.2018г. № 10768/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	29.05.2019г.
--	--------------

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p><i>Объектом исследования является система электроснабжения Международного аэропорта Сабетты, ЯНАО с подробным расчетом здания ангара. В качестве исходных данных представлены:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- генплан Международного аэропорта Сабетты, ЯНАО</li> <li>- план здания ангара</li> <li>- данные об электрических нагрузках предприятия и здания</li> <li>- данные об электроприемниках здания ангара</li> </ul>
---	---

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</p>	<p>- постановка задачи проектирования;</p> <p>- проектирование системы электроснабжения Международного аэропорта Сабетты, ЯНАО;</p> <p>- обсуждение результатов выполненной работы;</p> <p>- рассмотрение особенностей проектирования внутрицехового электроснабжения здания ангара</p> <p>- обсуждение результатов выполненной работы;</p> <p>- разработка раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</p> <p>- разработка раздела «Социальная ответственность»</p> <p>- разработка специальной части выпускной квалификационной работы на тему: «Расчет освещения помещения для стоянки, ремонта и обслуживание воздушного транспорта с разными типами осветительных установок с последующим технико-экономическим обоснованием»;</p> <p>- заключение.</p>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p>(с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<p>- схема внутризаводской сети предприятия, картограмма электрических нагрузок предприятия;</p> <p>- план электроснабжения ЭП здания ангара, карта селективности действия срабатывания аппаратов защиты, эпюры отклонений напряжения;</p> <p>- однолинейная схема электроснабжения объектов ГПП и КТП2 выше 1000В международного аэропорта Сабетта;</p> <p>- однолинейная схема электроснабжения ВРУ здания ангара международного аэропорта Сабетта.</p>

<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Завьялова З.С.
«Социальная ответственность»	Дашковский А.Г.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	11.12.2018г.
--	--------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Климова Г.Н	к.т.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А4Д3	Богданов А. Е.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
З-5А4ДЗ	Богданову Алексею Евгеньевичу

Школа	Инженерная школа энергетики	Отделение	Отделение электроэнергетики и электротехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	стоимость материалов и оборудования; квалификация исполнителей; трудоемкость работы.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	размер минимальной оплаты труда.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений	- отчисления в социальные фонды.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)	- Техничко-экономическое обоснование, оценка научно-технического уровня.
Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР	планирование выполнения проекта, построение графика выполнения проекта
3. Составление бюджета инженерного проекта (ИП)	- материальные затраты; - затраты на оборудование для научных (экспериментальных) работ; - основная заработная плата участников проекта; - дополнительная заработная плата участников проекта; - отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления); - накладные расходы.
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	
1. Календарный план-график проведения НИОКР	

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	еная степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСТН ШБИП	Завьялова З.С.	к.ф.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-5А4ДЗ	Богданов Алексей Евгеньевич		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5А4ДЗ	Богданов Алексей Евгеньевич

Школа	Инженерная школа энергетики	Отделение	Отделение электроэнергетики и электротехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса)	Помещение вводного распределительного устройства с естественной вентиляцией воздуха расположенное в здании ангара. В помещении размещено силовое оборудование электроустановки, площадь помещения составляет: 55,82 м <sup>2</sup> .
2. Отбор законодательных и нормативных документов по теме.	Приказ Минтруда России от 24.07.2013 N 328н (ред. от 15.11.2018) "Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок" (Зарегистрировано в Минюсте России 12.12.2013 N 30593). ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:	Анализ выявленных вредных и опасных факторов: - источники возникновения факторов; - регулирующие факторы правовые нормы; - предполагаемые средства защиты, профилактические мероприятия.
2. Охрана окружающей среды:	Алгоритм утилизации отходов производства (трансформаторное масло)
3. Защита в чрезвычайных ситуациях:	Анализ мер пожарной безопасности, средства защиты, порядок действий, план эвакуации.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности и социальной защиты работников на предприятии	Правовые нормы трудового законодательства;  общие принципы возмещения причиненного вреда, социальное страхование.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дашковский Анатолий Григорьевич	кандидат технических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А4ДЗ	Богданов Алексей Евгеньевич		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника

Уровень образования Бакалавр

Отделение школы Электроэнергетики и электротехники

Период выполнения (осенний / весенний семестр 2018 /2019 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа
---------------------

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	20.05.2019г.
--	--------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
10.02.19	Выбор схемы электроснабжения предприятия. Расчет электрических нагрузок здания ангара.	10
20.02.19	Определение расчётных электрических нагрузок зданий и предприятия в целом. Построение картограммы и определение центра электрических нагрузок, зоны рассеивания уловного центра электрических нагрузок.	15
03.03.19	Выбор количества, мощности, расположения КТП, расчет компенсации реактивной мощности.	10
19.03.19	Выбор и проверка внутризаводских линий, расчет потерь в КЛ и трансформаторах. Выбор числа и мощности трансформаторов ГПП, выбор и проверка питающих линий	10
23.03.19	Расчет токов КЗ выше 1000В, Проверка линий по токам КЗ	5
28.03.19	Выбор и проверка оборудования выше 1000В	10
10.04.19	Выбор РП в сети ниже 1000В. Расчет токов КЗ ниже 1000В. Выбор аппаратов защиты, выбор кабельных линий, построение карты селективности, построение эпюры отклонения напряжений	10
20.04.19	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
25.04.19	Социальная ответственность	10
15.05.19	Разработка специальной части выпускной квалификационной работы на тему: «Расчет освещения помещения для стоянки,	10



	ремонта и обслуживание воздушного транспорта с разными типами осветительных установок с последующим технико-экономическим обоснованием	
Итого		100

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Климова Г.Н	к.т.н., доцент		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Шестакова В.В.	к.т.н., доцент		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 206 страница, 56 рисунков, 68 таблиц, 29 источников, 5 приложений, 425 формул.

Ключевые слова: электроснабжение Международного аэропорта Сабетты, ЯНАО, электроснабжение здания ангара, выбор высоковольтного оборудования, расчет токов короткого замыкания до и выше 1000В, расчет нагрузок, выбор оборудования до 1000В, эпюра отклонений напряжений, карта селективности, однолинейная схема, финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение, социальная ответственность, разработка специальной части выпускной квалификационной работы на тему: «Расчет освещения помещения для стоянки, ремонта и обслуживание воздушного транспорта с разными типами осветительных установок с последующим технико-экономическим обоснованием.

Объектом исследования является здание ангара.

Цель работы – проектирование электроснабжения Международного аэропорта Сабетты, ЯНАО.

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы была спроектирована система электроснабжения здания ангара и предприятия в целом. При расчете использовался метод коэффициента расчетной мощности и метод коэффициента мощности. Были рассмотрены вопросы ресурсоэффективности и социальной ответственности проектируемой системы.

Основные конструктивные, технологические и эксплуатационные характеристики: предприятие включает четырнадцать зданий 1 и 2 категорий, напряжение питающей линии -35 кВ, напряжение внутривоздушной сети – 10 кВ, напряжение зданий – 0.4 кВ

Область применения: проектирование и эксплуатация систем электроснабжения предприятий, связанных с авиаперевозками.

## Оглавление

Введение.....	15
1 Исходные данные .....	17
2 Определение Расчетной нагрузки ангара .....	21
2.1 Распределение потребителей по пунктам питания .....	21
2.2 Определение расчетной электрической нагрузки здания ангара.....	23
2.3 Расчет осветительной нагрузки .....	25
2.4 Расчет аварийного освещения .....	26
3 Электроснабжение на территории предприятия.....	32
3.1 Определение расчетной нагрузки предприятия в целом .....	32
3.2 Построение картограммы и определение условного центра электрических нагрузок (ЦЭН), зоны рассеяния условного ЦЭН.....	37
4 Выбор числа и мощности трансформаторов ГПП.....	42
5 Выбор сечения линии, питающей ГПП .....	43
6 Выбор количества, мощности и расположения цеховых трансформаторных подстанций с учетом компенсации реактивной мощности .....	45
7 Выбор и проверка внутризаводских линий 10 кВ .....	52
8 Расчет токов КЗ выше 1 кВ. Проверка внутризаводских линий по токам КЗ .....	55
8.1 Расчет сопротивлений элементов сети .....	55
8.2 Расчет токов КЗ .....	57
8.3 Проверка кабельных линий по токам КЗ .....	58
9 Выбор и проверка электрических аппаратов и токоведущих частей в сети выше 1000 В .....	60
10 Выбор и проверка комплектного распределительного устройства низкого напряжения главной понижающей подстанции .....	64
11 Выбор комплектных трансформаторных подстанций 10/0,4 кВ .....	71
12 Электроснабжение здания ангара .....	72
12.1 Выбор и проверка электрических аппаратов и токоведущих частей в сети до 1000 В .....	73
12.2 Выбор распределительных пунктов (ПР) в сети ниже 1000 В .....	80

13	Выбор и проверка низковольтных линий от КТП до отдельного ЭП .....	81
13.1	Выбор и проверка низковольтных линий от ПР до отдельного ЭП .....	81
13.2	Выбор и проверка низковольтных линий от вводно- распределительного устройства здания ангара до РП .....	85
13.3	Выбор и проверка низковольтной линии от КТП до ВРУ .....	85
14	Проверка внутрицеховой сети по потерям напряжения. Построение эпюр отклонения напряжения от ГПП до наиболее мощного и удаленного ЭП .....	86
14.1	Расчет максимального режима .....	87
14.2	Расчет минимального режима .....	90
14.3	Расчет аварийного режима .....	94
15	Расчет токов короткого замыкания в сети ниже 1000 В .....	98
15.1	Расчет токов трехфазного КЗ.....	101
15.2	Расчет токов однофазного КЗ. ....	103
16	Построение карты селективности действия защитных аппаратов .....	106
17	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....	108
17.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	108
17.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования .....	108
17.1.2	Ресурсоэффективность и ресурсосбережение: анализ конкурентных технических решений .....	109
17.1.3	SWOT-анализ .....	110
18	Инициализация проекта .....	116
18.1	Цели и результат проекта.....	116
18.2	Организационная структура проекта .....	117
18.3	Ограничения проекта.....	117
19	Планирование научно-исследовательских работ .....	118
19.1	Структура работ в рамках научного проекта .....	118
19.2	Определение трудоемкости выполнения работ .....	119
19.3	Разработка графика проведения научного исследования .....	120
20	Бюджет научно-технического исследования .....	124
20.1	Расчет материальных затрат НТИ. ....	124

20.2.1 Расчет затрат на оборудование для НТИ .....	124
20.2 Основная заработная плата исполнителей .....	125
20.3 Дополнительная заработная плата. ....	126
20.4 Отчисления во внебюджетные фонды .....	127
20.5 Накладные расходы.....	127
20.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта ..	127
21 Социальная ответственность при проектировании электроснабжения Международного аэропорта Сабетты, ЯНАО .....	129
20.1 Анализ опасных и вредных факторов производства .....	129
20.1.1 Параметры микроклимата рабочего места .....	129
20.1.2 Шум в производственных помещениях.....	132
20.1.3 Освещение.....	133
20.1.4 Электробезопасность. ....	146
20.2 Экологическая безопасность .....	148
20.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	149
20.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности. ....	151
20.5 Социальная защита пострадавших на производстве.....	153
20.5.1 Общие принципы возмещения причиненного вреда.....	153
20.5.2 Социальное страхование .....	154
21 Расчет освещения помещения для стоянки, ремонта и обслуживание воздушного транспорта с разными типами осветительных установок с последующим технико-экономическим обоснованием .....	156
21.1 Расчет освещения помещения для стоянки, ремонта и обслуживание воздушного транспорта с использованием светильников с газоразрядными лампами .....	159
21.1.1 Рабочее освещение.....	159
21.1.1.1 Размещение светильников с газоразрядными лампами .....	159
21.1.1.2. Светотехнический расчет установки методом коэффициента использования светового потока .....	163
21.1.2. Аварийное освещение .....	173
21.1.2.1. Метод коэффициента использования светового потока .....	174

21.1.3. Расчет освещения помещения для стоянки, ремонта и обслуживание воздушного транспорта с использованием светодиодных светильников .....	182
21.1.3.1. Размещение светодиодных светильников. ....	183
21.1.3.2. Светотехнический расчет установки методом коэффициента использования светового потока .....	187
21.2 Техничко-экономическое обоснование модернизации освещения помещения для стоянки, ремонта и обслуживание воздушного транспорта с заменой светильников НВА 400Н с лампами ДНАТ на энергосберегающие светодиодные светильники FACTORY.OPL LED 100 .....	197
21.2.1 Сущность и этапы выполнения энергоаудита .....	198
21.2.2 Определение объема затрат на реализацию энергосберегающих мероприятий .....	199
21.2.3 Простой срок окупаемости (количество периодов) .....	199
21.2.4 Определение индекса энергоэффективности .....	200
Заключение .....	202
Список использованных источников .....	204
Приложения	

## **Введение**

В данной работе рассматривается электроснабжение международного аэропорта Сабетта, с подробным рассмотрением ангара. Целью является проверка знаний, усвоенных на дисциплинах, предусмотренных учебным планом, и формирование способности находить решение практическим вопросам проектирования системы электроснабжения предприятия. Аэропорт имеет в своем составе нагрузки I(особой), I и II категории по степени надежности электроснабжения. Аэропорт помимо ангара, имеет также другие объекты, которые выполняют роль, обслуживания воздушных судов.

При проектировании необходимо учитывать некоторые особенности, которые предъявляются к системам электроснабжения:

1. Надежность, т. е. система обязана гарантировать исправность обеспечивать бесперебойность электроснабжения согласно категории надежности потребителей;
2. Система электроснабжения должна быть простой, удобной для безопасной эксплуатации;
3. Экономичность, т. е. система электроснабжения обязана отвечать минимуму приведенных затрат на ее создание и использование.

С целью выполнения абсолютно всех условий необходимо разработать оптимальную систему электроснабжения уже на этапе проектирования.

Последовательность выполнения выпускной квалификационной работы состоит из следующих этапов:

- 1) расчет нагрузки ангара методом коэффициента расчетной мощности (форма Ф636-92). Целью этого этапа является закрепление навыков использования упомянутого метода расчета;
- 2) определение расчетной нагрузки предприятия. Расчет ведется по значениям активной и реактивной нагрузок зданий с учетом расчетной осветительной нагрузки, потерь мощности в линиях, трансформаторах цеховых подстанций и ГПП;

- 3) построение картограммы электрических нагрузок. Цель построения - определение наиболее оптимального места расположения ГПП на территории предприятия;
- 4) расчет схемы электроснабжения. На этом этапе производится выбор числа и мощности цеховых ТП и схемы их электроснабжения;
- 5) определение напряжения питающей сети предприятия, выбор сечения проводов, мощности трансформаторов главной понизительной подстанции;
- 6) расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000В. Производится для проверки выбора сечений проводников;
- 7) выполняется расчет электроснабжения ангара. Данный этап охватывает рассмотрение таких вопросов как:
  - распределение ЭП по пунктам питания;
  - определение расчетных нагрузок по пунктам питания;
  - выбор сечений питающей сети;
  - выбор силовой распределительной сети и аппаратов защиты;
  - построение эпюр отклонений напряжения от ГПП до наиболее мощного и удаленного ЭП;
  - расчет токов короткого замыкания в сети ниже 1000В (производится для того, чтобы можно было построить карту селективности действия защитных аппаратов).



## **17 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

### **17.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

#### **17.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

В данной выпускной квалификационной работе исследуются существующие методы анализа перспективности и ресурсоэффективности проектируемой системы электроснабжения. Объектом исследования является международный аэропорт Сабетта. Таким образом, потенциальными потребителями результатов исследования – целевым рынком – являются предприятия и организации, связанные с авиаперевозками.

Для проведения сегментирования рынка услуг по проектированию систем энергоснабжения наиболее целесообразно использовать два следующих критерия: вид услуги – размер компании-заказчика. Наглядно рассмотреть анализ рынка услуг по проектированию систем энергоснабжения можно в таблице 43.

Таблица 43 – Карта сегментирования рынка услуг по проектированию систем энергоснабжения

Вид услуги	Размер компании-заказчика		
	Мелкие	Средние	Крупные
Расчет и проектирование освещения зданий и сооружений	1,2	2,3	3
Расчет и проектирование силовой части электроустановок до 1000 В	1	1,2,3	2,3
Расчет и проектирование РЗА	2	2,3	3
Расчет и проектирование силовой части электроустановок выше 1000 В	3	3	3
Расчет и проектирование систем молниезащиты	1,2,3	1,2,3	1,2,3

1 – фирма А, 2 –фирма Б, 3 – фирма В.

Из таблицы, представляющей карту сегментирования рынка, наглядно виден низкий уровень конкуренции на сегментах: расчет и проектирование силовой части электроустановок выше 1000 В, расчет и проектирование РЗА – именно на эти сегменты будет ориентироваться организация.

### 17.1.2 Ресурсоэффективность и ресурсосбережение: анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений рекомендуется проводить регулярно из-за динамичности рынка, что позволит своевременно внести коррективы в научное исследование, чтобы противостоять конкуренции. Необходимо реалистично оценивать сильные и слабые стороны продуктов соперников.

Анализ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения помогает оценить сравнительную эффективность научно-технической разработки и найти пути для ее дальнейшего повышения. Анализ конкурентных технических решений проводится с помощью оценочной карты.

Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (Таблица 44) разработана для альтернативных схем электроснабжения: 1 – магистральной, 2 – радиальной, 3 – радиально-магистральной, 4 – смешанной.

Таблица 44 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии	Вес критерия	Баллы				Конкурентноспособность			
		Б1	Б2	Б3	Б4	К1	К2	К3	К4
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Технические критерии оценки ресурсоэффективности									
Надежность	0.3	4	5	3	2	1.2	1.5	0.9	0.6
Энергоэкономичность	0.1	4	5	2	3	0.4	0.5	0.2	0.3
Простота монтажа	0.05	4	5	3	2	0.2	0.25	0.15	0.1
Безопасность	0.2	5	4	2	3	1	0.8	0.4	0.6
Экономические критерии оценки эффективности									
Стоимость	0.15	4	3	3	2	0.6	0.45	0.45	0.3

Продолжение таблицы 44

Минимальные затраты при монтаже	0.1	3	4	3	2	0.3	0.4	0.3	0.2
Послепродажное обслуживание	0.05	5	4	4	3	0.25	0.2	0.2	0.15
Предполагаемый срок эксплуатации	0.05	5	4	3	3	0.25	0.2	0.15	0.15
Итого	1	34	34	23	20	4.2	4.3	2.75	2.4

Каждая позиция по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее низкая точка зрения, 5 – наиболее мощная. Вес всех характеристик должен равняться 1.

Анализ альтернатив:

$$K = \sum B_i \times B_i, \quad (302)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки;

$B_i$  – вес показателя, в долях единицы;

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Пример для варианта магистральной схемы:

$$K_1 = 0.3 \cdot 4 + 0.1 \cdot 4 + 0.05 \cdot 4 + 0.2 \cdot 5 + 0.15 \cdot 4 + 0.1 \cdot 3 + 0.05 \cdot 5 + 0.05 \cdot 5 = 4.2 \quad (303)$$

По данным расчета выбираем радиальную схему электроснабжения предприятия.

### 17.1.3 SWOT-анализ

*SWOT*-анализ (*Strengths* – сильные стороны, *Weaknesses* – слабые стороны, *Opportunities* – возможности, *Threats* – угрозы) – один из видов анализа проекта, целью которого является исследование его внутренней и внешней среды.

*SWOT*-анализ производится в несколько этапов.

На первом этапе заполняется матрица *SWOT*-анализа. В матрицу заносятся сильные и слабые стороны проекта, возможности и угрозы его реализации.

Сильные стороны – показатели, определяющие конкурентоспособность проекта, ресурсы или возможности, которые могут быть

эффективно использованы для достижения желаемого результата, преимущества перед конкурентами.

Слабые стороны – особенности проекта, которые могут препятствовать его реализации, недостатки или упущения по сравнению с конкурентными разработками.

Возможности – возможные ситуации в настоящем или в будущем в окружающей среде проекта, позволяющие поддерживать или увеличить спрос и повысить конкурентоспособность.

Угроза – любые возможные неблагоприятные для проекта ситуации, оказывающие отрицательное влияние на его конкурентоспособность в настоящем или будущем.

Результат составления матрицы *SWOT*-анализа разработки системы электроснабжения международного аэропорта Сабетта ЯНАО на первом этапе представлен в таблице 45:

Таблица 45 – Матрица *SWOT*

	<b>Сильные стороны:</b> С1. Высокая надежность С2. Универсальность системы электроснабжения С3. Уменьшение затрат на обслуживание электрооборудования С4. Длительный срок эксплуатации С5. Гибкость для реализации новых решений	<b>Слабые стороны:</b> Сл1. Сложность проведения ремонтных работ Сл2. Большой срок поставок комплектующих Сл3. Невысокое энергосбережение Сл4. Большой срок строительства Сл5. Требуются большие инвестиции
<b>Возможности:</b> В1. Расширение предприятия В2. Появление дополнительной автоматической системы управления В3. Упрощение схемы проектирования В4. Уменьшение стоимости проекта В5. Улучшение энергоэффективности		
<b>Угрозы:</b> У1. Возникновение аварийных ситуаций У2. Повреждение электрооборудования У3. Появление на рынке конкурентоспособных проектов У4. Отсутствие спроса на новые технические решения У5. Неточность проведения анализа		

На втором этапе анализа необходимо выявить соответствия сильных и слабых сторон исследования внешним условиям окружающей среды. Эти соотношения помогают выявить степень необходимости стратегических изменений. Для реализации этого этапа необходимо построить интерактивные матрицы проекта для каждого из четырех возможных соответствий и выявить коррелирующие между собой факторы (+ если сильное соответствие, - если слабое соответствие, 0 – затрудняюсь ответить). Выявленные сильно коррелирующие факторы представляют собой направление реализации проекта.

Таблица 46 – Интерактивная матрица соответствий сильных сторон и возможностей проекта

		Сильные стороны				
		C1	C2	C3	C4	C5
Возможности	B1	-	+	-	-	+
	B2	+	0	+	+	0
	B3	-	0	+	0	+
	B4	0	+	+	0	+
	B5	+	+	0	+	+

Анализ данной интерактивной матрицы показал коррелирующий сильные стороны и возможности: B1C2C5, B2C1C3C4, B3C3C5, B4C2C3C5, B5C1C2C4C5.

Таблица 47 – Интерактивная матрица соответствий сильных сторон и угроз проекта

		Сильные стороны				
		C1	C2	C3	C4	C5
Угрозы	У1	+	-	-	-	-
	У2	+	-	-	+	-
	У3	0	+	+	+	+
	У4	0	+	0	0	0
	У5	+	+	0	0	-

У сильных сторон и угроз корреляции следующие: У1C1, У2C1C4, У3C2C3C4C5, У4C2, У5C1C2.

Таблица 48 – Интерактивная матрица соответствий слабых сторон и возможностей проекта

		Слабые стороны				
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
Возможности	В1	-	-	-	-	0
	В2	+	0	-	-	+
	В3	+	-	0	+	+
	В4	-	-	-	0	+
	В5	0	-	+	-	0

По результатам анализа выявлены следующие корреляции: В2Сл1Сл5, В3Сл1Сл4Сл5, В4Сл5, В5Сл3.

Таблица 49 – Интерактивная матрица соответствий слабых сторон и угроз проекта

		Слабые стороны				
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
Угрозы	У1	+	+	-	-	-
	У2	+	+	-	-	-
	У3	0	-	+	-	+
	У4	-	-	-	-	-
	У5	-	-	-	-	0

У слабых сторон и угроз корреляции таковы: У1У2Сл1Сл2, У3Сл3Сл5.

На основе проведенного исследования строим итоговую матрицу SWAT-анализа:

Таблица 50 – итоговая матрица SWOT-анализ

	<b>Сильные стороны:</b> С1. Высокая надежность С2. Универсальность системы электроснабжения С3. Уменьшение затрат на обслуживание электрооборудования С4. Длительный срок эксплуатации С5. Гибкость для реализации новых решений	<b>Слабые стороны:</b> Сл1. Сложность проведения ремонтных работ Сл2. Большой срок поставок комплектующих Сл3. Невысокое энергосбережение Сл4. Большой срок строительства Сл5. Требуются большие инвестиции
<b>Возможности:</b> В1. Расширение предприятия В2. Появление дополнительной автоматической системы управления В3. Упрощение схемы проектирования В4. Уменьшение стоимости проекта В5. Улучшение энергоэффективности	Автоматические системы управления дополнительно повысят надежность системы электроснабжения и срок эксплуатации.  Расширение предприятия потребует меньших затрат в связи с универсальностью системы электроснабжения.	Появление дополнительной автоматической системы управления поможет свести к минимуму число аварийных ситуаций в системе, благодаря чему снизится частота ремонта и замена комплектующих электрооборудования.  Упрощение схемы проектирования снизит величину инвестиций и ускорит строительство.
<b>Угрозы:</b> У1. Возникновение аварийных ситуаций У2. Повреждение электрооборудования У3. Появление на рынке конкурентоспособных проектов У4. Отсутствие спроса на новые технические решения У5. Неточность проведения анализа	Высокая надежность системы электроснабжения значительно снижает вероятность возникновения аварийных ситуаций и, как следствие, повреждения электрооборудования.  Универсальность применения системы электроснабжения вкупе с его надежностью позволяет оставаться проекту конкурентоспособным.	Возникшие аварийные ситуации могут вывести из строя дорогое оборудование, из-за проблем с поставками может привести к длительному простоею.  Проекты с более высокой энергоэффективностью могут стать сильными конкурентами на рынке.



Анализ показывает, что у проектируемой системы есть несколько сильных преимуществ (гибкость для реализации новых решений, уменьшенные затраты на обслуживание системы). Проектируемая система отличается высокой надёжностью, а её универсальность позволит ей оставаться актуальной и конкурентоспособной.

## 18 Инициация проекта

В рамках инициации необходимо определить первостепенные цели и содержание, зафиксировать изначальные финансовые ресурсы. Определить внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и оказывать влияние на общий результат исследования.

### 18.1 Цели и результат проекта

Информация о заинтересованных сторонах проекта представлена в таблице 51:

Таблица 51 – заинтересованные стороны

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Предприятия и организации, связанные с авиаперевозками	Высокая надёжность системы энергоснабжения, снижение затрат на обслуживание

Информация об иерархии целей проекта и критериях достижения целей показана в таблице 52:

Таблица 52 – цели и результат проекта

Цели проекта	Расчет системы электроснабжения аэропорта
Ожидаемые результаты проекта	Разработка универсальной надежной системы энергоснабжения, с длительным сроком эксплуатации
Критерии приемки результатов проекта	Увеличение надежности системы энергоснабжения, Уменьшение затрат на обслуживание
Требования к результату проекта	Выполнение проекта в срок
	Стабильность работы технологического оборудования
	Спрос на проект
	Эффективность энергосистемы

## 18.2 Организационная структура проекта

Организационная структура проекта представлена в таблице 53:

Таблица 53 – Рабочая группа

ФИО	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час
Богданов А.Е.	Исполнитель проекта	Работа над реализацией проекта	542,4
Климова Г.Н.	Руководитель проекта	Координация деятельности и оказание помощи в реализации проекта	76,8
Итого:			619,2

## 18.3 Ограничения проекта

Факторы, ограничения и допущения представлены в Таблице 54:

Таблица 54 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения, допущения
Бюджет проекта	Отсутствует
Источник финансирования	Не нуждается в финансировании
Сроки проекта	10.02.2019-06.06.2019
Дата утверждения плана управления проектом	19.02.2019
Дата завершения проекта	04.06.2019
Прочие ограничения и допущения	Отсутствуют

## 19 ПЛАНИРОВАНИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ

### 19.1 Структура работ в рамках научного проекта

Планирование системы необходимых работ в рамках научного исследования состоит из нескольких последовательных шагов:

- Определение структуры научно-исследовательских работ;
- Определение исполнителей каждой работы;
- Установление продолжительности работ;
- Разработка графика проведения исследования.

Для осуществления научного исследования необходимо сформировать рабочую группу, установить должности исполнителей. В данном случае исполнителями проекта являются два сотрудника - инженер и руководитель. Затем должна быть составлена последовательность выполнения работ в рамках исследования, назначены ответственные исполнители за каждую работу на всех этапах. Перечень этапов и распределение исполнителей по работам представлены в таблице 55.

Таблица 55 - Перечень этапов и работ, распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследования	2	Постановка задачи	Руководитель
	3	Календарное планирование этапов исследования	Инженер
Теоретические исследования	4	Изучение литературы и прочих материалов по теме	Инженер
	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер
Разработка технической документации и проектирование	6	Определение расчетной нагрузки аэропорта	Инженер
	7	Проектирование системы внутризаводского энергоснабжения аэропорта	Инженер
	8	Проектирование системы внутрицехового энергоснабжения здания ангара	Инженер

Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности спроектированной системы	Инженер
Контроль проекта	10	Контроль качества выполнения проекта и консультирование инженера	Руководитель
Оформление отчета по проектированию	11	Составление пояснительной записки	Инженер
Защита проекта	12	Презентация проекта ГАК	Инженер

Согласно перечню, научное исследование и проектирование будет состоять из 8 основных этапов и 12 работ, итогом исследования станет выпускная квалификационная работа.

### 19.2 Определение трудоемкости выполнения работ.

Основную часть стоимости разработки проекта в большинстве случаев как правило составляют трудовые затраты, поэтому для оценки общей стоимости бюджета проектирования важно рассчитать трудоемкость работ каждого из участников исследования.

Трудоемкость проведения научного исследования имеет вероятностный характер, поскольку зависит от множества сложно учитываемых факторов, оценивается экспертным методом и измеряется в человеко-днях.

Для расчета ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  применяется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3 \times t_{mini} + 2 \times t_{maxi}}{5} \quad (304)$$

где  $t_{ожі}$  - ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -работы в чел.-дн.;

$t_{mini}$  - минимально возможная трудоемкость выполнения  $i$ - работы (оптимистичная оценка, при условии наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{maxi}$  - максимально возможная трудоемкость выполнения  $i$  - работы (пессимистичная оценка, при условии наименее благоприятного стечения

обстоятельств), чел.-дн.

Для примера рассчитаем ожидаемую трудоемкость для работы № 4:

$$t_{ож4} = \frac{3 \times t_{min4} + 2 \times t_{max4}}{5} = \frac{3 \times 5 + 2 \times 10}{5} = 7 \text{ чел-день}, \quad (305)$$

т.е. ожидаемое значение трудоемкости для изучения литературы и прочих материалов по теме составляет 7 чел-дней.

На основании вычисленных средних значений трудоемкости необходимо произвести расчет этих значений в рабочих днях  $T_p$ . Это требуется для обоснования расчета заработной платы участникам проекта, так как порядка 65% общей сметной стоимости исследования составляет удельный вес зарплаты.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{ч_i}, \quad (306)$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожi}$  - ожидаемая трудоемкость выполнения i-работы в чел.-дн.;

$ч_i$  – число исполнителей, выполняющих одновременно одну работу на данном этапе, чел.

Для работы № 4 продолжительность составляет:

$$T_{p4} = \frac{t_{ож4}}{ч_4} = \frac{7}{1} = 7 \text{ раб.дн.} \quad (307)$$

### 19.3 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее наглядная и удобная форма графика проведения исследования – это диаграмма Ганта, которая представляет собой горизонтальный ленточный график, представляющий работы по всем этапам протяженными во времени отрезками, которые характеризуются датами начала и окончания исполнения данных работ.

Для построения данного графика необходимо перевести рабочие дни в календарные дни по следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \times k_{\text{кал}}, \quad (308)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности рассчитывается по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (309)$$

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году.

Рассчитаем коэффициент календарности для 2019 года, т.к. проект был выполнен именно в 2019 году. Данные берем из производственного календаря.

$$k_{\text{кал}2019} = \frac{365}{365 - 118} = 1,5 \quad (310)$$

Исходя из полученного коэффициента рассчитаем  $T_k$  для работы № 4:

$$T_{k4} = T_{p4} \times k_{\text{кал}2019} = 7 \times 1,5 = 10,5 \approx 11 \text{ кал.дн.} \quad (311)$$

Аналогичным образом рассчитываем продолжительность всех оставшихся работ в календарных днях, данные структурируем в таблице 56.

Таблица 56 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Исполнители	Трудоемкость работ			Длительность работ в рабочих днях	Длительность работ в календарных днях
		$t_{\min}$ , чел. дн.	$t_{\max}$ , чел. дн.	$t_{\text{ож}}$ , чел. дн.		
Составление и утверждение технического задания	Руководитель	2	6	3,6	3,6	5
Постановка задачи	Руководитель	2	4	2,8	2,8	4
Календарное планирование этапов исследования	Инженер	3	7	4,6	4,6	7

Продолжение таблицы 56

Изучение литературы и прочих материалов по теме	Инженер	5	10	7	7	11
Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер	5	10	7	7	11
Определение расчетной нагрузки аэропорта	Инженер	10	15	12	12	18
Проектирование системы внутризаводского энергоснабжения аэропорта	Инженер	10	15	12	12	18
Проектирование системы внутрицехового энергоснабжения здания ангара	Инженер	10	15	12	12	18
Оценка эффективности спроектированной системы	Инженер	2	4	2,8	2,8	4
Контроль качества выполнения проекта и консультирование инженера	Руководитель	2	5	3,2	3,2	5
Составление пояснительной записки	Инженер	7	12	9	9	14
Презентация проекта ГАК	Инженер	1	2	1,4	1,4	2
Итого:	Руководитель	6	15	9,6	9,6	14
	Инженер	53	90	67,8	67,8	103

На основе таблицы 56 построим календарный план-график для максимальной по времени продолжительности выполнения работ с разбивкой на месяцы и декады (таблица 57):

Таблица 57 – Календарный план-график проведения НИОКР

№ работы	Название работы	Исполнители	Т <sub>к</sub> , кал.дн.	продолжительность выполнения работ													
				февраль			март			апрель			май			июнь	
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	5														
2	Постановка задачи	Руководитель	4														
3	Календарное планирование этапов исследования	Инженер	7														
4	Изучение литературы и прочих материалов по теме	Инженер	11														
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер	11														
6	Определение расчетной нагрузки аэропорта	Инженер	18														
7	Проектирование системы внутризаводского энергоснабжения аэропорта	Инженер	18														
8	Проектирование системы внутрицехового энергоснабжения здания ангара	Инженер	18														
9	Оценка эффективности спроектированной системы	Инженер	4														
10	Контроль качества выполнения проекта и консультирование инженера	Руководитель	5														
11	Составление пояснительной записки	Инженер	14														
12	Презентация проекта ГАК	Инженер	2														



## 20 БЮДЖЕТ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Бюджет проекта представляет собой план затрат, необходимых для его исполнения в стоимостном выражении. При его планировании должны быть полностью и достоверно отражены все виды расходов, связанные с выполнением проекта. Все затраты, учитываемые при формировании бюджета, группируются по статьям:

- материальные затраты;
- затраты на оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата участников проекта;
- дополнительная заработная плата участников проекта;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

### 20.1 Расчет материальных затрат НТИ

Материальные затраты для проектирования системы энергоснабжения аэропорта состоят из канцелярских принадлежностей и бумажной продукции.

Таблица 58 -Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за единицу, руб.	Затраты на материалы, руб.
Ручка	Шт.	2	40	80
Тетрадь	Шт.	1	90	90
Карандаш	Шт.	1	30	30
Бумага	Уп.	1	257	257
Папка	Шт.	1	50	50
Флешка	Шт.	1	800	800
Итого:				1307

#### 20.2.1 Расчет затрат на оборудование для НТИ

Затраты на оборудование для проведения научно-технических изысканий приведены в таблице 59. Т.к. оборудование, необходимое для выполнения данного проекта малогабаритное и не требует специального монтажа, в его

стоимость не включены затраты в размере 15% на транспортировку и монтаж.

Таблица 59 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования

№ п.п.	Наименование	Количество, шт.	Цена за единицу, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1	Ноутбук	1	39000,00	39000,00
Итого:				39000,00

## 20.2 Основная заработная плата исполнителей

Расчет основной заработной платы всех участников проекта ведётся исходя из трудоёмкости выполненных работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В размер основной заработной платы также включается премия, ежемесячно выплачиваемая из фондов заработной платы в размере 30% от тарифа или оклада.

Расчет основной заработной платы ( $Z_{\text{осн}}$ ) исполнителей производится на основании Приказа ТПУ № 5994 от 25.05.2016г. «О должностных окладах профессорско-преподавательского состава»: [17]

- Руководитель (доцент, к.н.) - 26300 руб.,

- Инженер (ассистент, без ученой степени) - 17000 руб.

Рассчитаем месячный оклад ( $Z_{\text{м}}$ ) на примере руководителя проекта:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \times (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \times k_{\text{р}} = 26300 \times (1 + 0,3 + 0,2) \times 1,3 = 51285 \text{ руб.}, \quad (312)$$

где  $Z_{\text{тс}}$  – зарплата по тарифной ставке, руб.,

$k_{\text{пр}}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (30% от  $Z_{\text{тс}}$ ),

$k_{\text{д}}$  – коэффициент доплат и надбавок (примем за 0,2),

$k_{\text{р}}$  – районный коэффициент, для Томска равен 1,3.

На основании месячного оклада необходимо рассчитать среднедневную заработную плату ( $Z_{\text{дн}}$ ), которая представляет собой отношение всей заработной платы сотрудника за отчетный период к числу рабочих дней в

периоде:

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}} \times M}{F_{\text{д}}} = \frac{51285 \times 10,4}{365 - 66 - 48} = 2124,96 \text{ руб.}, \quad (313)$$

где М – количество месяцев работы без отпуска в течение периода (при 6-дневной рабочей неделе продолжительность отпуска составляет 48 дней, следовательно, М=10,4 мес.),

$F_{\text{д}}$ - действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб.дн.

Основываясь на данных среднедневной заработной платы, можно посчитать основную заработную плату сотрудника:

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \times T_{\text{р}} = 2124,96 \times 9,6 = 20399,62 \text{ руб.} \quad (314)$$

По аналогичному принципу произведем расчет заработной платы инженера (таблица 60).

Таблица 60 – Затраты на основную заработную плату

№ п.п.	Исполнитель	Оклад, руб.	Среднедневная зп, руб.	Трудоемкость, раб.дн.	Основная зарплата, руб.
1	Руководитель	26300	2124,96	9,6	20399,62
2	Инженер	17000	1373,55	67,8	93126,69
Итого:					113526,31

### 20.3 Дополнительная заработная плата

При формировании бюджета на фонд оплаты труда примем во внимание тот факт, что инженер находится в учебном отпуске, следовательно, помимо основной ему полагается начисление дополнительной заработной платы:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \times З_{\text{осн}} = 0,12 \times 93126,69 = 11175,20 \quad (315)$$

## 20.4 Отчисления во внебюджетные фонды

Законодательством РФ предусмотрены обязательные отчисления от затрат на оплату труда работников в органы государственного фонда социального страхования (ФСС), пенсионный фонд (ПФ), органы медицинского страхования (ФФОМС).

Размер отчислений рассчитывается по формуле:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \times (З_{осн} + З_{доп}), \quad (316)$$

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

На 2019 г. установленный размер страховых взносов составляет 30%.  
Для руководителя страховые взносы составят:

$$З_{внеб} = 0,3 \times (20399,62 + 0) = 6119,89 \text{ руб} \quad (317)$$

Для инженера:

$$З_{внеб} = 0,3 \times (93126,69 + 11175,20) = 31290,57 \text{ руб} \quad (318)$$

Общая сумма отчислений составляет 37410,46 руб.

## 20.5 Накладные расходы

В перечень накладных расходов входят затраты, не учитываемые в прочих статьях: электроэнергия, услуги связи, печать, ксерокопирование, брошюрование материалов проекта и пр. Расчет накладных расходов происходит по формуле:

$$З_{накл} = (\text{сумма статей 1-5}) \times k_{нр} = (1307 + 39000 + 113526,31 + 11175,20 + 37410,46) \times 0,16 = 32387,04 \text{ руб.}, \quad (319)$$

где  $k_{нр}$  – коэффициент накладных расходов, в данном случае равен 16%.

## 20.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанный размер затрат для проведения научно-технического исследования является основой бюджета затрат проекта, который при заключении договора с заказчиком научная организация устанавливает и

защищает как минимально возможный предел затрат на разработку продукта.

Таблица 61 – Бюджет затрат проекта

Наименование статьи	Сумма, руб.	В % к итогу
Материальные затраты НТИ	1307,00	0,56%
Затраты на оборудование для НТИ	39000,00	16,61%
Основная заработная плата исполнителей	113526,31	48,35%
Дополнительная заработная плата исполнителей	11175,20	4,76%
Страховые взносы	37410,46	15,93%
Накладные расходы	32387,04	13,79%
Итого:	234806,01	100%

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках данного раздела выпускной квалификационной работы была оценена перспективность системы энергоснабжения аэропорта при помощи SWOT-анализа. Анализ показал, что использование дополнительной автоматической системы управления снизит риски возникновения чрезвычайных ситуаций и повреждений оборудования, что приведет к еще большему показателю надежности системы, а её универсальность послужит конкурентным преимуществом.

Планирование показало, что длительность работы над проектом составила 117 дней, большая часть которых приходится на непосредственное проектирование. Большую часть работ выполняет инженер.

Бюджет проекта составил 234806,01 рублей, большую его часть составляет фонд оплаты труда – 53,11%, а меньшую – материальные затраты (0,56%).

С практической точки зрения данный раздел показывает, что выбранная для проекта радиальная схема энергоснабжения является наиболее подходящим вариантом, так как ее выбор обоснован ее высокой надежностью, эффективностью и универсальностью. Улучшением данного варианта может послужить использование автоматической системы коммерческого учета.

## **21 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ МЕЖДУНАРОДНОГО АЭРОПОРТА САБЕТТЫ, ЯНАО**

Под социальной ответственностью проекта понимается сознательное отношение руководителя и участников проекта к требованиям социальной необходимости, осознание последствий осуществляемой деятельности для социального прогресса общества.

Объектом исследования стала проектируемая система энергоснабжения аэропорта, целью этого раздела является оценка условий труда обслуживающего персонала данной системы, анализ воздействия вероятных вредных и опасных производственных факторов, разработка комплекса мер по их предотвращению и ликвидации, возможности решения проблем пожарной безопасности, охраны окружающей среды и т.п.

### **20.1 Анализ опасных и вредных факторов производства**

Согласно ГОСТ 12.0.003-2015 при обслуживании электроустановок существуют такие вредные факторы как: отклонение показателей микроклимата, повышенный уровень шума на рабочем месте, недостаточная освещенность рабочей зоны, и опасный фактор – поражение электрическим током.

#### **20.1.1 Параметры микроклимата рабочего места**

Согласно [23] показателями, характеризующими микроклимат, являются:

- температура воздуха;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового излучения.

Также показатели микроклимата подразделяются на оптимальные и допустимые. Согласно [18], оптимальные условия микроклимата должны способствовать сохранению высокого уровня работоспособности при 8-часовой смене без чрезмерного напряжения механизмов терморегуляции, отклонений в

состоянии здоровья, обеспечивая ощущение теплового комфорта. Допустимые климатические условия могут привести к возникновению ощущений теплового дискомфорта без повреждений или нарушений состояния здоровья. Допустимые величины микроклимата применяются в случаях, когда оптимальные показатели не могут быть обеспечены по технологическим требованиям, техническим и экономически обоснованным причинам.

Также для определения оптимальных и допустимых показателей микроклимата в производственных помещениях для работ по обслуживанию энергоустановок необходимо определить категорию работ. Категория определяется на основе интенсивности энерготрат организма в ккал/ч (Вт).

Для работ по обслуживанию энергоустановок системы электроснабжения аэропорта применяется категория IIa (175-232 Вт).

Оптимальные показатели микроклимата для обслуживания энергоустановок представлены в таблице 62.

Таблица 62 – Оптимальные показатели микроклимата

Период года	Категория работ по уровню энерготрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	IIa (175-232 Вт)	19-21	18-22	60-40	0,2
Теплый	IIa (175-232 Вт)	20-22	19-23	60-40	0,2

Допустимые показатели микроклимата для обслуживания энергоустановок представлены в таблице 63.

Таблица 63 – Допустимые показатели микроклимата

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин			диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин
Холодный	Па (175-232 Вт)	17,0-18,9	21,1-23,0	16,0-24,0	15-75	0,1	0,3
Теплый	Па (175-232 Вт)	18,0-19,9	22,1-27,0	17,0-28,0	15-75	0,1	0,4

Нормализация микроклимата производственных помещений и их поддержание на необходимом уровне достигается путем проведения следующих мероприятий: оборудование производственного помещения системой обогрева, соблюдение условий для сохранения естественной вентиляции воздуха. Для обогрева используется система с тепловентилятором в виде блока, который устанавливается у потолка в центре помещения. Кожух тепловентилятора имеет жалюзи, которые позволяют изменять направление потока нагретого воздуха для обеспечения лучшего перемешивания воздуха и предотвращения образования нежелательных застойных зон с градиентом температуры. Для контроля поддержания оптимального уровня микроклимата в производственном помещении рекомендуется использовать системы автоматического контроля, которые минимизируют человеческий фактор и позволят оперативно выявить и устранить возможные отклонения в показателях микроклимата производственного помещения.

К организационно-техническим мероприятиям относится рациональное размещение оборудования (чтобы тепловые потоки от оборудования не перекрещивались на рабочих местах). При работе в допустимых условиях



микроклимата рекомендовано использовать дополнительные средства защиты, спецодежду.

В роли организационного мероприятия выступает мероприятие по защите «временем» - разработка оптимального режима труда и отдыха работающих. Для обеспечения средне-сменного термического напряжения работающих на допустимом уровне суммарная продолжительность труда в условиях нагревающего микроклимата в течение рабочей смены не превышает 7 часов соответственно 1 класса условий труда по степени вредности. [26]

### 20.1.2 Шум в производственных помещениях

Предельно допустимые значения уровней звукового давления – это значения шума, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю не должен вызывать отклонений здоровья либо заболеваний. Допустимый уровень шума – уровень, не вызывающий у человека значительного беспокойства и существенных изменений состояния. Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах [19] для трудовой деятельности определяются соответственно категориям тяжести и напряженности труда. Согласно руководству [27] рабочие процессы по обслуживанию электроустановок относятся к напряженности труда средней степени. Предельно допустимые уровни звука представлены в таблице 64.

Таблица 64 – Предельно допустимые уровни звука в дБА

Категория напряженности трудового процесса	Категория тяжести трудового процесса
	Средняя физическая нагрузка
Напряженность средней степени	70

При работе в условиях длительного шумового воздействия могут возникнуть такие неблагоприятные эффекты, как головная боль, раздражение и т.п., что отрицательно сказывается на работоспособности персонала. Поэтому при длительной работе в шумном помещении либо непосредственно с

оборудованием, являющимся источником шума необходимо использовать индивидуальные средства защиты от шума, такие как наушники.

### **20.1.3 Освещение**

Оценка освещенности рабочего места необходима для обеспечения оптимальных условий работы в цехах, поскольку грамотно спроектированное и выполненное освещение на рабочем месте обеспечивает комфортную рабочую деятельность.

Согласно СанПиН [20] существуют нормированные показатели для естественного, искусственного и совмещенного типа освещения основного рабочего места для разных категорий помещений. В зависимости от назначения помещения эти показатели разнятся, а также могут быть необязательными некоторые типы освещения в целом.

По предназначению производственного помещения была выбрана наиболее подходящая по характеристикам категория помещения согласно СанПиН – категория № 12 «Макетные, столярные, ремонтные мастерские».

Значения освещения для данной категории представлены в таблице 65.

Таблица 65 – Нормируемые показатели естественного, искусственного и совмещенного освещения на рабочем месте

Помещения	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности (Г – горизонтальная)	Естественное освещение		Совмещенное освещение		Искусственное освещение		
		КЕО ен, %		КЕО ен, %		освещенность, лк		
		При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	При комбинированном освещении		При общем освещении
						Всего	От общего	
Макетные, столярные, ремонтные мастерские	Г-0,8	-	-	3,0	1,2	750	200	200

Согласно СанПиН [20] к средствам нормализации освещения производственных помещений в рамках данного проекта можно отнести осветительные приборы, источники света и световые проемы. В проектируемой системе энергоснабжения используются светодиодные лампы с низким коэффициентом пульсации, что снижает вредное воздействие на зрение.

### **Расчет освещения помещения ВРУ здания ангара с использованием светодиодных светильников**

#### **Рабочее освещение.**

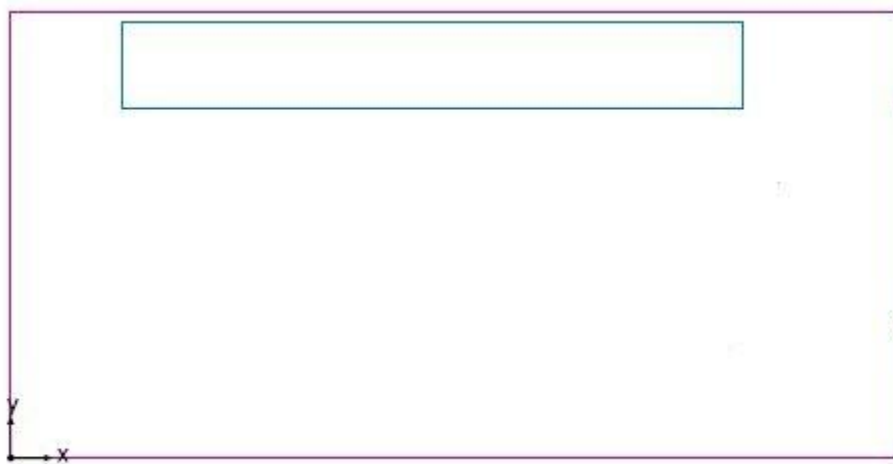


Рисунок 17 - Рабочая плоскость (Помещение ВРУ)

#### **Размещение светодиодных светильников**

Существуют два способа размещения светильников общего освещения: равномерное и локализованное. При локализованном способе вопрос о выборе места расположения светильника должен решаться индивидуально в каждом конкретном случае в зависимости от характера производственного процесса.

Расчетная высота  $h_p$  установки светильника определяется по формуле:

$$h_p = H - h_c - h_{py} \quad (320)$$

$$h_p = 4 - 0.3 - 0.8 = 2.9 \text{ м.} \quad (321)$$

$H$ — высота помещения, м;  $H=4$  м.

$h_{py}$  - высота расчетной поверхности над полом, м.  $h_{py} = 0.8$  м.

$h_c$  - расстояние от светильника до перекрытия (свес), м  $h_c = 0.3$  м.

Определяем расстояние в ряду между светильниками  $L_A$  и расстояние между рядами светильниками  $L_B$  по формуле:

$$L_{A,B} = \lambda_c \cdot h_p, \quad (322)$$

$$L_{AB} = 1.4 \cdot 2.9 = 4.06 \quad (323)$$

где  $\lambda_c$  и  $\lambda_\varepsilon$  - светотехнически и энергетически наивыгоднейшее относительное расстояние между светильниками принимаем 1.4.

$L$  — расстояние между соседними светильниками в ряду или рядами светильников, м;

Если расстояние между стеной и крайним светильником принять равным половине расстояния между светильниками, то число светильников в ряду  $N_A$ , шт. и число рядов  $N_B$ , шт. определяется по формулам:

$$N_A = \frac{A}{L}; \quad N_B = \frac{B}{L} \quad (324)$$

$$N_A = \frac{10.58}{4.06} = 2.6 = 3 \quad N_B = \frac{5.27}{4.06} = 1.29 = 2 \quad (325)$$

где  $A$  и  $B$  - размеры помещения (длина и ширина), м.

Найдем общее число светильников в помещении  $N$ , шт.

$$N = N_A \cdot N_B \quad (326)$$

$$N = 3 \cdot 2 = 6 \text{ шт.} \quad (327)$$

Определяем расстояние между центрами светильников в ряду:

$$L_A = \frac{A}{N_A}; \quad L_B = \frac{B}{N_B} \quad (328)$$

$$L_A = \frac{10.58}{3} \approx 3.52 \text{ м.} \quad (329)$$

$$L_B = \frac{5.27}{2} \approx 2.63 \text{ м.} \quad (330)$$

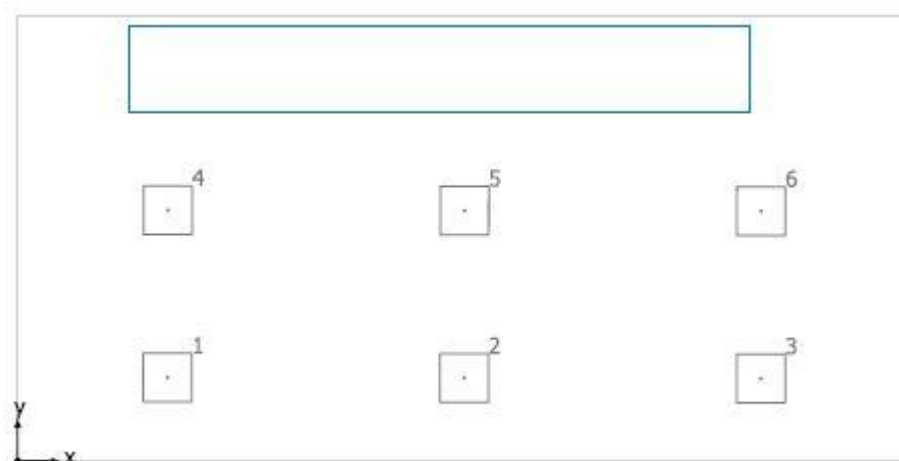
и расстояние ( $l_{A,B}$ ) между светильником стенами А,В:

$$l_A = 0.5 \cdot L_A; \quad l_A = 0.5 \cdot L_A \quad (331)$$

$$l_A = 0.5 \cdot 3.52 = 1.76 \text{ м.} \quad (332)$$

$$l_B = 0.5 \cdot 2.63 = 1.31 \text{ м.} \quad (333)$$

l — расстояние от крайних светильников или рядов светильников до стены, м (принимается (0,3-0,5)/. в зависимости от наличия вблизи стен рабочих мест);



Световые Технологии 1704000090 SLIM LED 595 HFR EM 4000K

№	X [m]	Y [m]	Монтажная высота [m]	Коэффициент эксплуатации
1	1.779	0.990	3.710	0.80
2	5.301	0.984	3.710	0.80
3	8.822	0.979	3.710	0.80
4	1.782	2.975	3.710	0.80
5	5.304	2.969	3.710	0.80
6	8.826	2.964	3.710	0.80

Рисунок 18 – Расположение светильников и монтажные данные рабочего освещения

## Светотехнический расчет установки методом коэффициента использования светового потока

Метод коэффициента использования светового потока применяется для нахождения равномерного освещения.

Выбираем светильник SLIM LED 595.

### Световые Технологии 1704000090 SLIM LED 595 HFR EM 4000K 1xLED



Ультратонкий светодиодный светильник для установки в подвесные потолки, типа Армстронг или подшивные потолки из гипсокартона. В светильнике установлены светодиоды на торцевой поверхности алюминиевого профиля, за счет чего достигается его минимальная толщина. Тонкий корпус позволяет устанавливать светильник в местах, где существует узкое межпотолочное пространство. В тоже время конструкция корпуса позволяет подвешивать светильник на тросовом креплении. Оптическая часть светильника сконструирована таким образом, что она представляет собой абсолютно ровную световую поверхность.

Абсолютная фотометрия  
Световой поток от светильников: 4054 lm  
Мощность: 42.0 W  
Светоотдача: 96.5 lm/W

Колориметрические данные  
1xLED: CCT 4000 K, CRI 80

- для светодиодных светильников определяется общий световой поток  $\Phi_{общ}$ , лм

$$\Phi_{общ.} = \frac{E_n \cdot F \cdot k_z \cdot z}{\eta} \quad (334)$$

$F$  - Площадь освещаемой поверхности, м<sup>2</sup>;

$E_n$  - нормируемая освещенность

$k_z$  - коэффициент запаса принимается 0.8;

$z$  - Коэффициент минимальной освещенности; для линейных источников

$z = 1$  для светодиодных светильников;

$\eta$  -коэффициент использования светового потока.

Под коэффициентом использования светового потока  $\eta$  понимают отношение светового потока, падающего на расчетную поверхность, к световому потоку источника света. Его значение принимается в зависимости от коэффициентов отражения поверхностей помещения: потолка -  $\rho_{пот}$ , стен -  $\rho_{ст}$ , пола -  $\rho_{п}$ (табл. ) и от индекса помещения ( $i$ ) который находим по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{h_p \cdot (A+B)} \quad (335)$$

$$i = \frac{55.82}{2.9 \cdot (10.58 + 5.27)} = 1.21 \quad (336)$$

где  $h_p$  - расчетная высота, м;

$A, B$  - длина и ширина помещения, м.

Для КСС Д-1 и  $i = 1.21$  при заданных коэффициентах отражения находим методом линейной интерполяции коэффициент использования светового потока:

$$\eta = 63 + \frac{4.4-3}{5-3} \cdot (63 - 57) = 37\% \text{ или } 0,37 \quad (337)$$

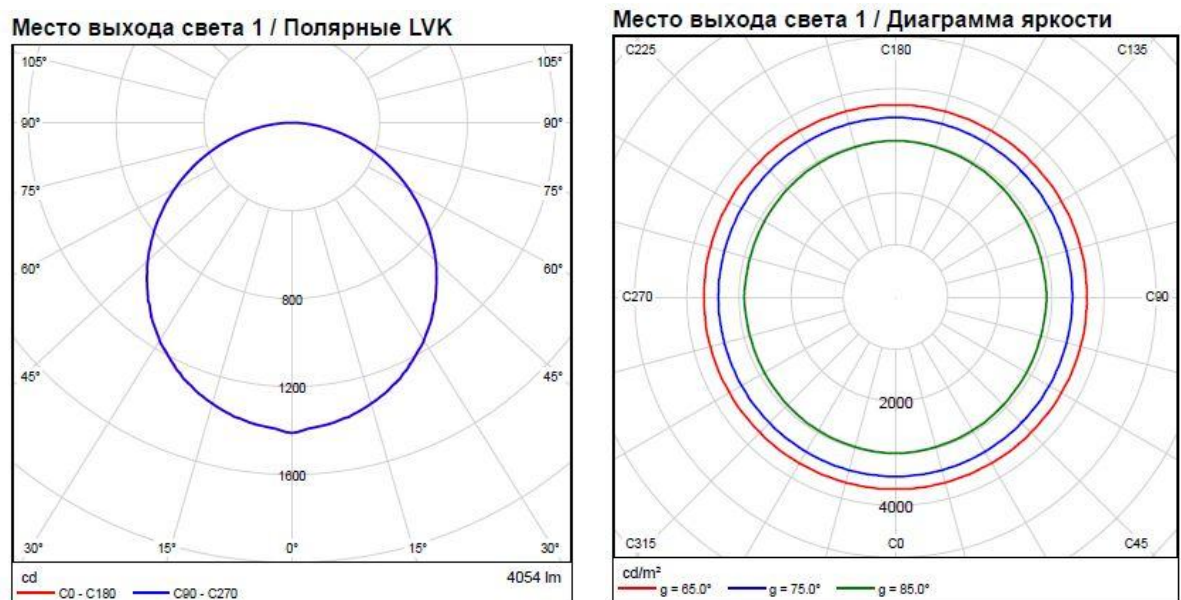


Рисунок 19 – Линейные и полярные характеристики светильника

Коэффициент использования светового потока светильников с типовыми КСС:

$$\Phi_{\text{общ.}} = \frac{200 \cdot 55.82 \cdot 0.8 \cdot 1}{0.37} = 24138.37 \text{ лм.} \quad (338)$$

При расчете освещения предварительно выбирается источник света с табличным световым потоком  $\Phi_{\text{л(табл.)}}$ , лм, а неизвестный параметр осветительной установки - число светильников в освещаемом помещении  $N$ , шт. - определяется по формуле :

$$N = \frac{\Phi_{\text{общ.}}}{n \cdot \Phi_{\text{л(табл.)}}} \quad (339)$$



где  $n$  - число ламп в светильнике, шт.

$$N = \frac{24138.37}{4054} = 5.95 \text{ шт.} \quad (340)$$

Округляем до 6 шт.

Определяем требуемый световой поток  $\Phi$ , лм одного светильника

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E_{\text{н}} \cdot F \cdot k_3 \cdot z}{N \cdot \eta} \quad (341)$$

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{200 \cdot 55.82 \cdot 0.8 \cdot 1}{6 \cdot 0.37} = 4023.06 \text{ лм} \quad (342)$$

По полученному значению потока  $\Phi_{\text{л}}$ , лм выбирается источник света, но при этом должно соблюдаться следующее соотношение

$$-10\% < \Phi_{\text{л(табл)}} < +20\%$$

Выбран светильник SLIM LED 595 (4054лм) соотношение выдерживается (на 0.04 % меньше полученного потока  $\Phi_{\text{л}}$ ).

Количество	Светильник (Место выхода света)		
6	Световые Технологии - 1704000090 SLIM LED 595 HFR EM 4000K Место выхода света 1 Комплектация: 1xLED Абсолютная фотометрия Световой поток от светильников: 4054 lm Мощность: 42.0 W Светоотдача: 96.5 lm/W  Колориметрические данные 1xLED: CCT 4000 K, CRI 80		

Общий световой поток ламп: 24324 lm, Общий световой поток светильников: 24324 lm, Общая мощность: 252.0 W, Светоотдача: 96.5 lm/W

Рисунок 20 – Данные светового потока при установке светильников SLIM LED 595

Действительная освещенность  $E_{\text{д}}$ , лк площади при выбранном источнике света :

$$E_{\text{д}} = E_{\text{н}} \cdot \frac{\Phi_{\text{л(табл)}}}{\Phi_{\text{л}}} \quad (343)$$

$$E_{\text{д}} = 200 \cdot \frac{4054}{4023.06} = 201.53 \text{ лк} \quad (344)$$

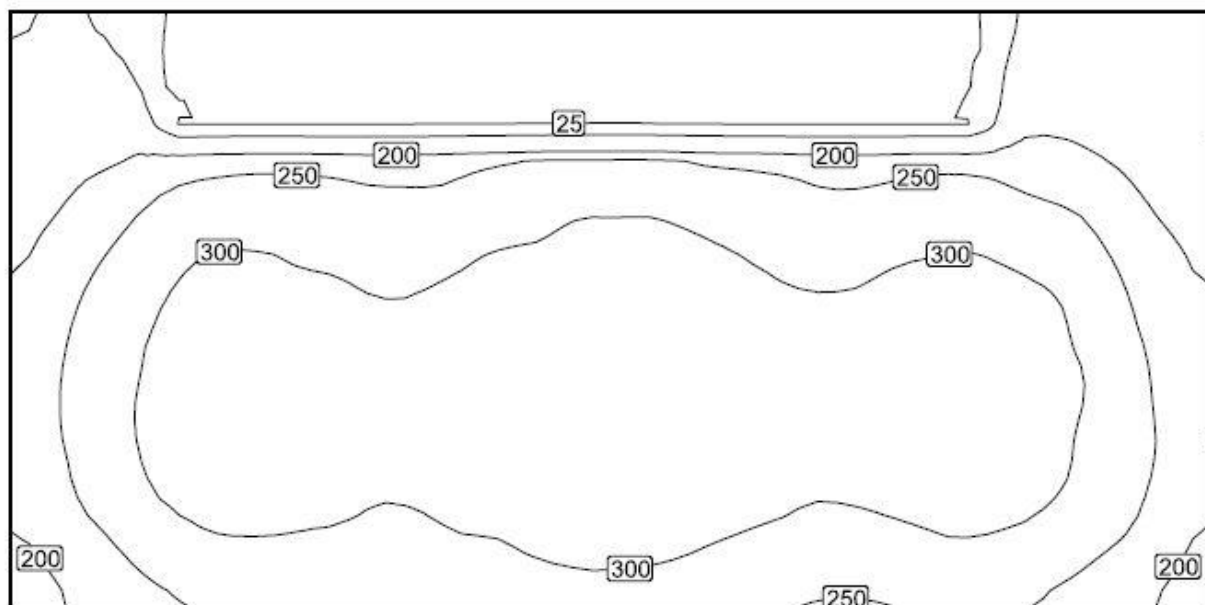
Высота помещения в свету: 3.670 m, Коэффициенты отражения: Потолок 63.7%, Стенки 57.3%, Полы 22.6%, Коэффициент эксплуатации: 0.80

Рабочая плоскость

Поверхность	Результат	Средн. (Заданное)	Min	Max	Мин./средн.	Мин./макс.
1 Рабочая плоскость (ВРУ)	Освещенность по вертикали (адаптивный) [lx] Высота: 0.800 m, Краевая зона: 0.000 m	232 ( $\geq 200$ )	0.40	357	0.002	0.001

Рисунок 21 – Результат расчета средней освещенности рабочего освещения при помощи программы DIALux evo 8.1.

### Изолинии [lx]



Масштаб: 1 : 75

### Растр параметров [lx]

+108	+90	+1,3	+0,86	+0,72	+1,0	+1,0	+0,62	+0,97	(+0,61)	+0,76	+0,96	+1,4	+121	+127	+119
+151	+164	+21	+21	+22	+23	+25	+25	+26	+23	+22	+21	+21	+180	+180	+155
+186	+231	+261	+266	+262	+256	+271	+285	+287	+271	+260	+258	+265	+254	+228	+183
+220	+268	+306	+306	+297	+294	+311	+326	+328	+310	+291	+298	+309	+299	+266	+213
+236	+288	+320	+331	+319	+314	+330	+352	+351	+334	+313	+317	+329	+320	+282	+229
+241	+292	+328	+330	+324	+315	+331	(+354)	+351	+334	+320	+320	+329	+325	+288	+234
+230	+279	+311	+322	+306	+305	+322	+341	+337	+320	+304	+305	+317	+312	+277	+230
+199	+242	+273	+275	+272	+270	+282	+297	+295	+282	+267	+270	+280	+271	+241	+200

Масштаб: 1 : 75

Рисунок 22 – Изолинии и растр параметров рабочего освещения

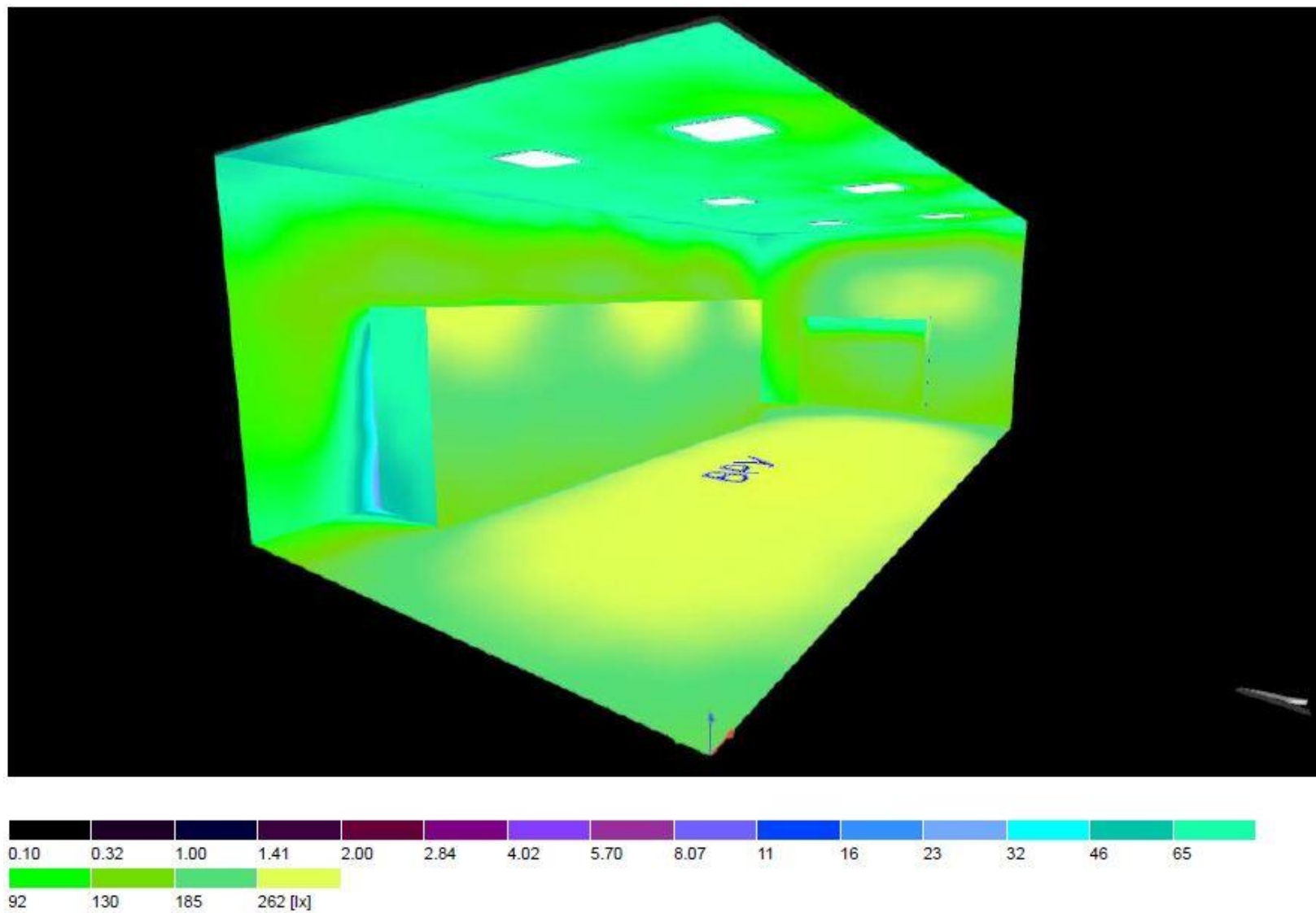


Рисунок 23 – Общий план помещения с фиктивными цветами

Мощность осветительной установки  $P_{o.y.}$ , Вт.

$$P_{o.y.} = P_{л} \cdot N_{л} \quad (345)$$

где  $P_{л}$  – номинальная мощность лампы, кВт;

$N_{л}$  – общее число ламп в помещении, шт.

$$P_{o.y.} = 0.042 \cdot 6 = 0.252 \text{ кВт} \quad (346)$$

# Светильник	Ф(Светильник) [lm]	Мощность [W]	Светоотдача [lm/W]
6 Световые Технологии - 1704000090 SLIM LED 595 HFR EM 4000K	4054	42.0	96.5
Сумма для всех светильников	24324	252.0	96.5

Удельная потребляемая мощность:  $4.51 \text{ W/m}^2 = 1.94 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Площадь в основании помещения  $55.82 \text{ m}^2$ )

Потребление: 570 kWh/а макс. 2000 kWh/а

Параметры расхода энергии не учитывают сцены освещения и состояния регулировки яркости.

Рисунок 24 – Результаты расчета рабочего освещения при помощи программы DIALux evo 8.1.

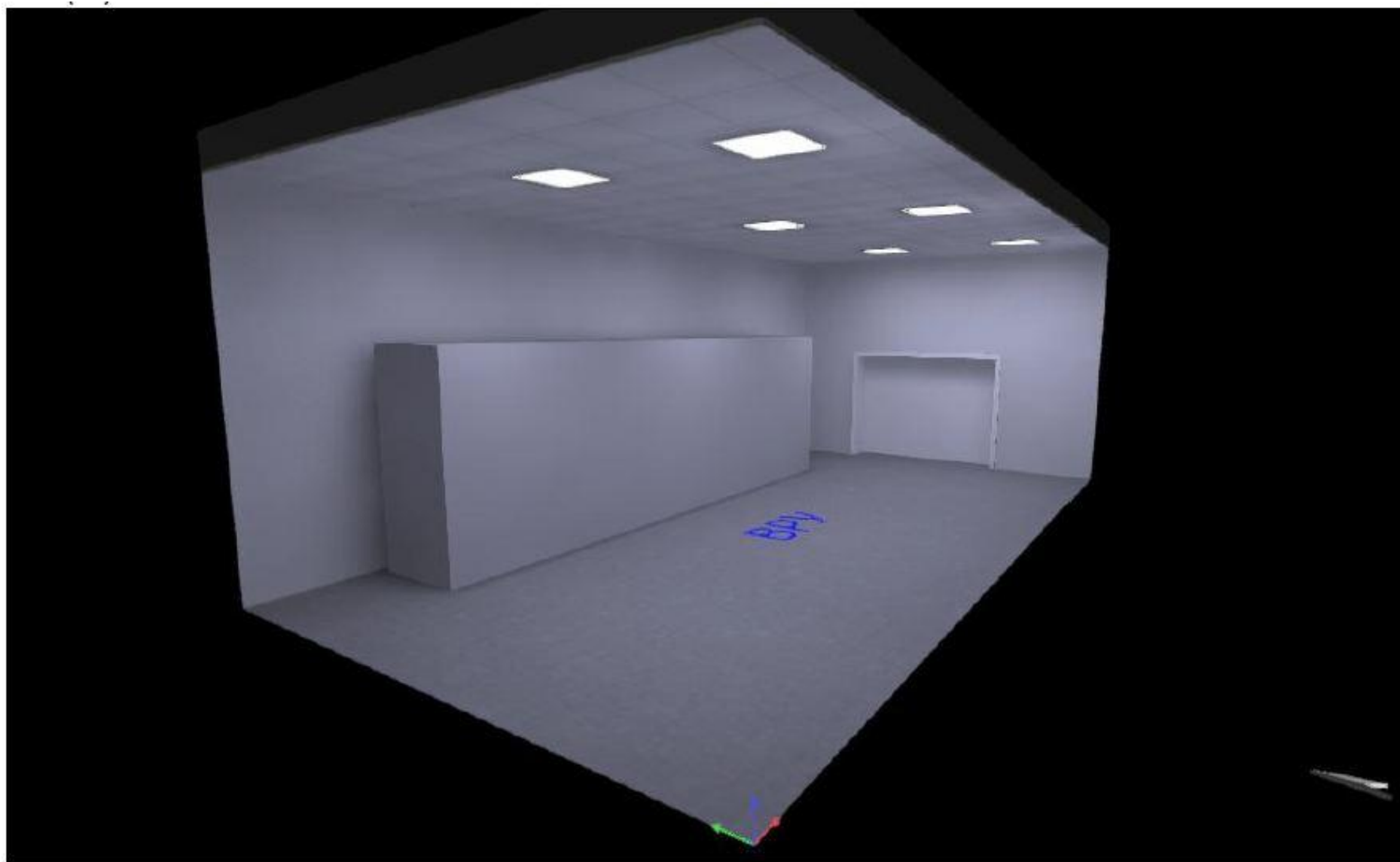


Рисунок 25 – Итоговый результат расчета рабочего освещения

#### 20.1.4 Электробезопасность

Поражение электрическим током является главным опасным фактором на рабочем месте вследствие того, что часть электроустановок находится под напряжением.

Перед началом работы обслуживающий персонал должен убедиться в целостности всех электрических проводов, входящих в систему электроснабжения, всех имеющихся выключателей и розеток, отсутствии в непосредственной близости от оборудования посторонних предметов.

Напряжения прикосновения и токи, проходящие через тело человека в нормальном (не аварийном) режиме не должны превышать значений, указанных в таблице 66.

Таблица 66 – Напряжения и токи при нормальном режиме работы

Род тока	U, В	I, мА
	не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Переменный, 400 Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

Электрический ток, проходя сквозь тело человека может поражать различные органы, воздействовать на нервную систему, сердце, кровеносно-сосудистую систему, мозг.

Существует несколько типов воздействия электрического тока на организм человека:

- термическое – проявляется в форме ожога, нагрева кровеносных сосудов, сердца и других органов, находящихся на пути прохождения тока до предельной температуры;

- электролитическое – проявляется в форме разложения крови, нарушающего ее состав;
- механическое – в форме давления в мышцах и сосудах;
- биологическое – проявляется в форме раздражения тканей, вызывающего непроизвольное сокращение мышц.

Самый отрицательный эффект поражения электрическим током – летальный исход.

Электробезопасность регулируется ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ [21], а также ПУЭ и ПОТЭУ [22].

Методом предотвращения потенциальных угроз на производстве по собственной вине персонала является регулярный инструктаж по технике безопасности и экзаменовка рабочих. Методами защиты персонала от поражения электрическим током используется несколько: защита от случайного прикосновения, защитное заземление, зануление.

Защита от случайного прикосновения подразумевает обеспечение недоступности токоведущих частей оборудования с помощью ограждений, блокировок или расположения на недоступной высоте. В зависимости от напряжения, используются либо сетчатые ограждения, либо сплошные, либо закрытые металлические двери или ящики, находиться на недосягаемой высоте.

Защитное заземление представляет собой специальный электрический контакт с землей или ее эквивалентом металлических нетокведущих частей, которые могут оказаться под напряжением. Основная функция защитного заземления – оградить человека от возможного поражения электричеством. Однако защитное заземление не всегда эффективно, поэтому используется зануление.

Зануление в электрооборудовании до 1 кВ – специальный электрический контакт открытых проводящих частей с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сети трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с заземленной точкой источника в сетях



постоянного тока, выполняемое в целях электробезопасности. Зануление используют в четырехпроводных сетях до 1 кВ с заземленной нейтралью. Принцип зануления таков, что оно преобразует замыкание в однофазное короткое замыкание, что в свою очередь приводит к реакции максимальной токовой защиты и выборочному обесточиванию поврежденного участка сети. Помимо этого, зануление может уменьшить напряжения поверхностей, которые появляются в момент короткого замыкания. При замыкании на зануленный корпус ток короткого замыкания протекает через обмотки трансформатора, фазный провод и нулевой провод.

## **20.2 Экологическая безопасность**

Специфика данного проекта такова, что реальную угрозу экологической безопасности представляют только такие отходы производства, как трансформаторное масло.

В данной системе используются диодные лампы накаливания. Светодиодные лампы, отслужившие свой срок эксплуатации, относятся к отходам IV класса опасности – малоопасным. Четкие требования об утилизации Росприроднадзора и Роспотребнадзора касаются только энергосберегающих ламп, имеющих в составе ртуть, поэтому светодиодных ламп не касаются. То есть утилизация светодиодных ламп и светильников ничем не отличается от утилизации других малоопасных ТБО.

Однако в то же время компонентный состав светодиодных ламп позволяет использовать их для вторичной переработки. Для этого организация может заключить договор с утилизирующей компанией.

Трансформаторные масла (используемые для охлаждения силовых трансформаторов) в процессе эксплуатации теряют свое изначально качество в последствии накапливания в них продуктов окислений, посторонних включений (мельчайших частиц узлов агрегатов, элементов оплётки кабеля и пр.). Загрязненные трансформаторные масла подлежат замене на новые, так как

не соответствуют заявленным требованиям и могут привести к возникновению аварии. Отработанные масла представляют серьезную опасность для окружающей среды, так как могут послужить источником загрязнения водных ресурсов или причиной возгорания, что не только пожароопасно, но также может стать причиной выброса опасных веществ в атмосферу. Поэтому необходимой стадией завершения процесса эксплуатации трансформаторного масла является утилизация компетентной организацией.

### **20.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Возможными чрезвычайными ситуациями при обслуживании энергоустановок могут быть: пожар, поражение электрическим током, взрыв, паводки и обрушение помещения. Наибольшей вероятностью возникновения является пожар.

Производственные помещения данного проекта, согласно ФЗ [24] относятся к категории ВЗ. Согласно классификации, к категориям В1 - В4 относятся помещения, в которых находятся (обращаются) горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть.

Наличие противопожарной защиты обусловлено необходимостью создания эффективных методов предупреждения пожаров и их ликвидации с минимальным ущербом. Согласно техническому регламенту эффективная система обеспечения пожаробезопасности должна включать в себя систему предотвращения пожара, систему противопожарной защиты и комплекс организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности.

Система противопожарной защиты подразумевает такие меры как: использование не горючих и трудногорючих веществ и материалов в производстве, ограничение количества горючих веществ и их надлежащее

размещение; изоляция горючей среды; использование средств коллективной и индивидуальной защиты от огня и средств пожарной сигнализации.

Все производственные помещения оснащены автоматической пожарной сигнализацией, проводящей круглосуточный пожарный мониторинг и служащей для быстрого извещения службы пожарной безопасности о возгорании.

Также в помещениях, в местах установленных пожарной охраной, должны быть размещены пожарные щиты со следующим набором пожарного оборудования: топоры – 2; ломы и лопаты – 2; багры железные – 2; ведра, окрашенных в красный цвет – 2; огнетушителей – 2.

Так как наша деятельность напрямую связана с электрическим током, то при тушении пожаров в электрооборудовании существует большой риск опасности поражения электричеством. Поэтому прежде чем тушить пожар, нужно обесточить помещение. Максимальная возможность электрического поражения наступает в случае, когда струя огнетушащего состава достигает частей электрооборудования, которое находится под напряжением. Одним из решений является использование токонепроводящих огнетушащих составов.

На предприятии должен быть разработан оперативный план пожаротушения. Оперативный план пожаротушения – это документ, в котором спрогнозирована обстановка на объекте при возникновении пожара и намечены организационные мероприятия по его тушению. Оперативный план должен разрабатываться квалифицированными специалистами и утверждаться в территориальных Управлениях МЧС РФ.

При обнаружении пожара или признаков горения в зданиях, технологических модулях, помещении (задымление, запах гари, повышение температуры воздуха и пр.) оперативный персонал должен:

1. Вызвать пожарную команду, единый телефон пожарных и спасателей – 101;
2. Обесточить электрооборудование, электрические сети;

3. Проконтролировать включение установки аэрозольного пожаротушения (для блочно-контейнерного блока автоматизированной электростанции);
4. Поставить в известность вышестоящее руководство;
5. Принять меры по эвакуации людей и тушению пожара первичными средствами пожаротушения;
6. Организовать встречу подразделения пожарной охраны.

В каждом цеху должна находиться инструкция о конкретных мерах пожарной безопасности, противопожарном режиме и план эвакуации рабочих из цеха.

План эвакуации разрабатывается в соответствии с действующими ГОСТ [28], [29] и противопожарными нормативами. На плане эвакуации обязательно указываются аварийные и стандартные входы и выходы, расположение огнетушителей и другого оборудования для пожаротушения и т.д. Полный вариант плана реализуется на базе фотолюминисцентных веществ (информация светится в темноте), и состоит из текстовых и графических данных.

План эвакуации здания ангара приведен в (приложение Д).

Пути эвакуации рабочих запрещено загромождать оборудованием. На путях эвакуации устанавливаются указатели и световые табло.

Каждый случай пожара (возгорания) должен быть расследован согласно «Инструкцией по расследованию и учету пожаров, происшедших на объектах энергетики» специально назначенной комиссией для установления причин, убытков, виновников возникновения пожара (возгорания).

## **20.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Основными документами, регулирующими правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности касательно специфики данного проекта – это Трудовой кодекс РФ и ПОТЭУ (Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок). Трудовой кодекс устанавливает права и обязанности работника и работодателя, регулирует вопросы охраны труда, переподготовки и

повышения квалификации, трудоустройства. В нем закрепляются правила оплаты и нормирования труда, порядок разрешения трудовых споров. Требования ПОТЭУ распространяются на работодателей и работников, занятых техническим обслуживанием электроустановок, проводящих в них оперативные переключения, организующих и выполняющих строительные, монтажные, наладочные, ремонтные работы, испытания и измерения.

Согласно Трудовому кодексу РФ для контроля за соблюдением условий охраны труда, в каждой организации, осуществляющей производственную деятельность, с численностью сотрудников более 50 человек, необходима служба по охране труда или вводится должность специалиста по охране труда, имеющего соответствующую подготовку или опыт работы в данной области.

Обязанности по обеспечению безопасных условий и охраны труда возлагается на работодателя. Работодатель в зависимости от специфики деятельности может устанавливать дополнительные правила безопасности, не противоречащие правилам по охране труда при эксплуатации электроустановок. Требования охраны труда должны содержаться в соответствующих инструкциях и доводиться до персонала путем инструктажа, распоряжений и указаний.

Организационные мероприятия, которые обеспечивают безопасность работ в электроустановках:

- оформление наряда, распоряжения или перечня работ, которые выполняются в порядке текущей эксплуатации;
- выдача разрешения на подготовку рабочего места и на допуск к работе;
- допуск к работе;
- надзор во время работы.

При оформлении работ определяется круг лиц, ответственных за безопасное проведение работ; технические и специальные мероприятия, обеспечивающие безопасность во время работ.

Вид оперативного обслуживания электроустановок, а также число работников из числа оперативного персонала в смене устанавливается

организационно-распорядительной документацией организации. При напряжении в электроустановках выше 1000 В работники из числа оперативного персонала, единолично обслуживающие электроустановки, и старшие по смене должны иметь группу по электробезопасности IV, остальные работники в смене - группу III. В электроустановках напряжением до 1000 В работники из числа оперативного персонала, единолично обслуживающие электроустановки, должны иметь группу III.

## **20.5 Социальная защита пострадавших на производстве**

### **20.5.1 Общие принципы возмещения причиненного вреда**

Если вред причинен источником повышенной опасности, работодатель обязан возместить его в полном объеме, если не докажет, что вред возник вследствие непреодолимой силы либо умысла потерпевшего, т.е. работодатель в этих случаях отвечает и при отсутствии своей вины, например, если вред причинен случайно.

Если вред причинен не источником повышенной опасности, работодатель несет ответственность лишь при наличии своей вины и освобождается от ответственности, если докажет, что вред причинен не по его вине. Понятие вины работодателя понимается в широком смысле, как не обеспечение работодателем здоровых и безопасных условий труда.

Полагающиеся пострадавшему денежные суммы в возмещение вреда, компенсации дополнительных расходов и единовременное пособие могут быть увеличены по согласованию сторон или на основании коллективного договора.

Заявление о возмещении вреда подается работодателю (администрации предприятия). Работодатель рассматривает заявление о возмещении вреда и принимает соответствующее решение в десятидневный срок. Решение оформляется приказом (распоряжением, постановлением) администрации предприятия.

При несогласии заинтересованного гражданина с решением работодателя или при неполучении ответа в установленный срок спор рассматривается судом.

### **20.5.2 Социальное страхование**

В роли страховщика выступает Фонд социального страхования РФ. В роли страхователя – юридические лица любой организационно-правовой формы (в том числе иностранные организации, осуществляющие свою деятельность на территории РФ и нанимающие граждан РФ) либо физические лица, нанимающие лиц, подлежащих обязательному социальному страхованию.

Федеральным законом от 24 июля 1998 года № 125-ФЗ "Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний" произведена замена должника в обязательствах по возмещению вреда, причиненного работнику при исполнении им трудовых обязанностей.

Сам пострадавший или лица, имеющие право на получение возмещения, должны предъявлять соответствующие требования не к работодателю, а к органам Фонда социального страхования РФ. Если гражданин выполняет работу по гражданско-правовому договору, условия которого не предусматривают обязанность уплаты работодателем страховых взносов, то возмещение работнику утраченного заработка, в части оплаты труда, осуществляется причинителем вреда.

Возмещение застрахованным лицам морального вреда, причиненного, в связи с несчастным случаем на производстве или профессиональным заболеванием, осуществляется причинителем вреда.

Виды обеспечения по страхованию:

- Пособие по временной нетрудоспособности;
- Единовременные страховые выплаты;
- Ежемесячные страховые выплаты;
- Лечение застрахованного, осуществляемое на территории РФ;

- Приобретение лекарственных препаратов;
- Уход за застрахованным, в том числе осуществляемый членами его семьи;
- Проезд застрахованного и сопровождающего его лица для получения отдельных видов медицинской и социальной реабилитации;
- Медицинская реабилитация;
- Изготовление и ремонт протезов;
- Обеспечение транспортными средствами при наличии соответствующих медицинских показаний;
- Профессиональное обучение и получение дополнительного профессионального образования.

Пособие по временной нетрудоспособности в связи с несчастным случаем на производстве или профессиональным заболеванием подлежит выплате застрахованному работнику за весь период временной нетрудоспособности до его выздоровления или установления стойкой утраты трудоспособности, в размере 100 % среднего заработка, исчисленного в соответствии с действующим законодательством РФ о пособиях по временной нетрудоспособности.

Размер единовременной страховой выплаты определяется в соответствии со степенью утраты застрахованным профессиональной трудоспособности исходя из максимальной суммы, установленной федеральным законом о бюджете Фонда социального страхования Российской Федерации на очередной финансовый год.

Ежемесячные страховые выплаты подлежат выплате застрахованному работнику на протяжении всего периода стойкой утраты им профессиональной трудоспособности. Если при расследовании страхового случая комиссией по расследованию страхового случая установлено, что грубая неосторожность застрахованного содействовала возникновению или увеличению вреда, причиненного его здоровью, размер ежемесячных страховых выплат уменьшается соответственно степени вины застрахованного, но не более чем на 25 процентов. Степень вины застрахованного устанавливается комиссией по



расследованию страхового случая в процентах и указывается в акте о несчастном случае на производстве или в акте о профессиональном заболевании. При определении степени вины застрахованного рассматривается заключение профсоюзного комитета.

## **21 Расчет освещения помещения для стоянки, ремонта и обслуживание воздушного транспорта с разными типами осветительных установок с последующим технико-экономическим обоснованием**

Основной задачей производственного освещения является поддержание на рабочем месте освещенности, соответствующей характеру зрительной работы. Зависимости от источника света производственное освещение может быть: естественным, что создается прямыми солнечными лучами и рассеянным светом небосвода; искусственным, создаваемый электрическими источниками света и совмещенным, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным.

Естественное освещение подразделяется на: боковое (одно - или двустороннее), осуществляемое через световые проемы (окна) в наружных стенах; верхнее - через фонари и отверстия в крышах и перекрытиях; комбинированное - сочетание верхнего и бокового освещения.

Искусственное освещение может быть общим и комбинированным. Общим называют освещение, при котором светильники размещаются в верхней зоне помещения (не ниже 2,5 м над полом) равномерно, или с учетом расположения рабочих мест (общее локализованное освещение).

Комбинированное освещение состоит из общего и местного. Его целесообразно применять при работах высокой точности, а также, если необходимо создать определенный или переменный в процессе работы направление. Местное освещение создается светильниками, концентрирующие световой поток непосредственно на рабочих местах. Применение только

местного освещения не допускается, учитывая опасность производственных чего травматизма и профессиональных заболеваний.

По функциональному назначению искусственное освещение подразделяется на: рабочее, аварийное, эвакуационное, охранное, дежурное.

Рабочее освещение предназначено для обеспечения производственного процесса, перемещения людей, движения транспорта и является обязательным для всех производственных помещений.

Аварийное освещение используется для продолжения работы в случаях, когда внезапное отключение рабочего освещения и связанное с ним нарушение нормального обслуживания оборудования может вызвать пожар, отравление людей, нарушение технологического процесса и т.д.

В данной части выпускной квалификационной работы рассмотрен расчет рабочего и аварийного освещения здания ангара и способ его оптимизации с использованием светодиодных установок освещения, а именно помещения для стоянки, ремонта и обслуживание воздушного транспорта методом коэффициента использования светового потока.

Согласно ОСТ 54 72003-82 искусственное освещение на эксплуатационных предприятиях гражданской авиации должно отвечать требованиям настоящего стандарта, а также требованиям СНиП II-4-79, СНиП II-85-80, «Правил устройства электроустановок», «Инструкции по проектированию силового и осветительного электрооборудования промышленных предприятий» и других нормативных документов.

Рабочее и аварийное освещение выполняется преимущественно комбинированным.

Для общего освещения производственных помещений и наружной территории должны, как правило, предусматриваться газоразрядные источники света.

Для производственных помещений на рабочих местах нормируются минимальные значения освещенности рабочих поверхностей, для помещений службы движения нормируются допустимые значения освещенности рабочих поверхностей и для наружной территории - средние значения горизонтальной освещенности для газоразрядных ламп.

Аварийное освещение помещений и открытых площадок следует предусматривать, если отключение рабочего освещения может привести к возникновению взрыва, пожара, гибели людей, нарушению непрерывного технологического процесса в зоне контроля, месте расположения металлоискателя, в помещениях службы движения, справочного бюро, диспетчера по транзиту, дикторской, фельдсвязи, военного коменданта, милиции, оперативной группы, кроссовой. Освещенность рабочих поверхностей в аварийном режиме должна составлять 5% нормируемой при системе общего освещения, но не менее 2 лк в помещениях и 1 лк на территории предприятия.

Таблица 67 - Требования освещенности для помещения для стоянки, ремонта и обслуживания воздушного транспорта

Рабочие места (помещения)	Разряд и подразряд зрительных работ	Освещенность, лк	
		При рабочем освещении	При аварийном освещении
Ангар на уровне крыла самолета, на фюзеляже самолета	IV в	200	Не менее 2

## 21.1 Расчет освещения помещения для стоянки, ремонта и обслуживание воздушного транспорта с использованием светильников с газоразрядными лампами

### 21.1.1 Рабочее освещение.

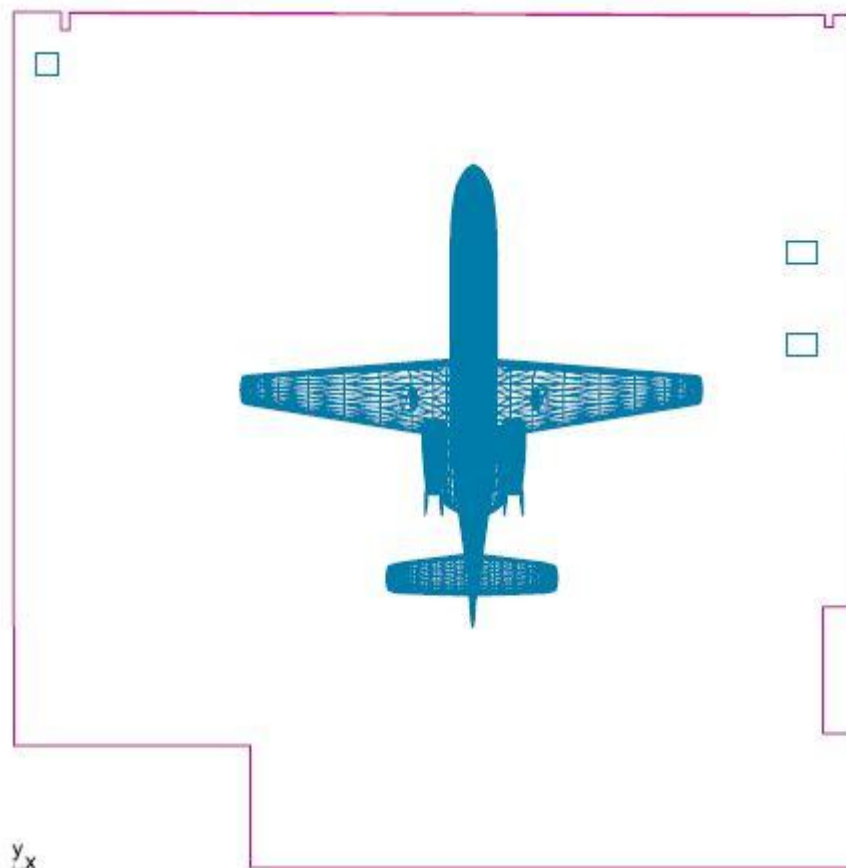


Рисунок 26 - Рабочая плоскость (Помещение для стоянки, ремонта и обслуживание воздушного транспорта)

#### 21.1.1.1 Размещение светильников с газоразрядными лампами

Существуют два способа размещения светильников общего освещения: равномерное и локализованное. При локализованном способе вопрос о выборе места расположения светильника должен решаться индивидуально в каждом конкретном случае в зависимости от характера производственного процесса.

Расчетная высота  $h_p$  установки светильника определяется по формуле:

$$h_p = H - h_c - h_{py} \quad (347)$$

$$h_p = 8.65 - 0.5 - 2 = 6.15 \text{ м.} \quad (348)$$

$H$ — высота помещения, м;  $H=8.65$  м.

$h_{py}$  - высота расчетной поверхности над полом, м. согласно ОСТ 54 72003-82

$h_{py} = 2$  м.

$h_c$  - расстояние от светильника до перекрытия (свес), м  $h_c = 0.5$  м.

Определяем расстояние в ряду между светильниками  $L_A$  и расстояние между рядами светильниками  $L_B$  по формуле

$$L_{A,B} = \lambda_c \cdot h_p, \quad (349)$$

$$L_{AB} = 1.6 \cdot 6.15 = 9.84 \quad (350)$$

где  $\lambda_c$  и  $\lambda_p$  - светотехнически и энергетически наивыгоднейшее относительное расстояние между светильниками принимаем 1.6.

$L$  — расстояние между соседними светильниками в ряду или рядами светильников, м;

Если расстояние между стеной и крайним светильником принять равным половине расстояния между светильниками, то число светильников в ряду  $N_A$ , шт. и число рядов  $N_B$ , шт. определяется по формулам

$$N_A = \frac{A}{L}; \quad N_B = \frac{B}{L} \quad (351)$$

$$N_A = \frac{39.67}{9.84} = 4.45 = 5 \quad N_B = \frac{39}{9.84} = 3.96 = 4 \quad (352)$$

где  $A$  и  $B$  - размеры помещения (длина и ширина), м.

Найдем общее число светильников в помещении  $N$ , шт.

$$N = N_A \cdot N_B \quad (353)$$

$$N = 5 \cdot 4 = 20 \text{ шт.} \quad (354)$$

Определяем расстояние между центрами светильников в ряду

$$L_A = \frac{A}{N_A}; \quad L_B = \frac{B}{N_B} \quad (355)$$

$$L_A = \frac{39.67}{5} \approx 7.93 \text{ м.} \quad (356)$$

$$L_B = \frac{39}{4} \approx 9.75 \text{ м.} \quad (357)$$

и расстояние ( $l_{A,B}$ ) между светильником стенами  $A, B$

$$l_A = 0.5 \cdot L_A; \quad l_B = 0.5 \cdot L_B \quad (358)$$

$$l_A = 0.5 \cdot 7.93 = 3.96 \text{ м.} \quad (359)$$

$$l_B = 0.5 \cdot 9.75 = 4.87 \text{ м.} \quad (360)$$

$l$  — расстояние от крайних светильников или рядов светильников до стены, м (принимается (0,3-0,5)/. в зависимости от наличия вблизи стен рабочих мест);

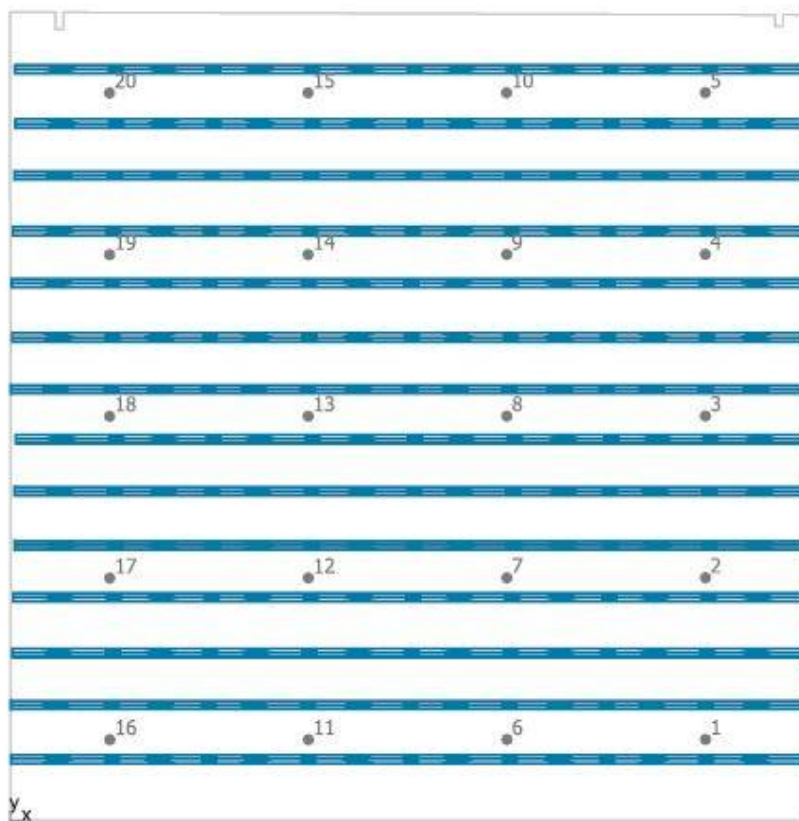


Рисунок 27 – Расположение светильников рабочего освещения

Световые Технологии 1311000310 HBA 400H IP65 metallic SET P1

№	X [m]	Y [m]	Монтажная высота [m]	Коэффициент эксплуатации
1	34.219	3.977	6.150	0.80
2	34.215	11.912	6.150	0.80
3	34.211	19.848	6.150	0.80
4	34.207	27.783	6.150	0.80
5	34.203	35.719	6.150	0.80
6	24.448	3.972	6.150	0.80
7	24.444	11.907	6.150	0.80
8	24.439	19.843	6.150	0.80
9	24.435	27.778	6.150	0.80
10	24.431	35.714	6.150	0.80
11	14.676	3.967	6.150	0.80
12	14.672	11.902	6.150	0.80
13	14.668	19.838	6.150	0.80
14	14.664	27.773	6.150	0.80
15	14.660	35.709	6.150	0.80
16	4.904	3.962	6.150	0.80
17	4.900	11.897	6.150	0.80
18	4.896	19.833	6.150	0.80
19	4.892	27.768	6.150	0.80
20	4.888	35.704	6.150	0.80

Рисунок 28 – Координаты монтажа светильников рабочего освещения

### 21.1.1.2. Светотехнический расчет установки методом коэффициента использования светового потока

Метод коэффициента использования светового потока применяется для нахождения равномерного освещения.

Выбираем светильник НВА 400Н.

#### Световые Технологии 1311000310 НВА 400Н IP65 metallic SET P1 1xOSRAM POWERSTAR HQI-E 400 W/N



Подвесной светильник для освещения промышленных предприятий с пластиковым корпусом, гладким отражателем и защитным стеклом. Имеет высокую степень защиты IP65 и высокий световой поток. Основное преимущество светильника - это второй класс защиты от поражения электрическим током, что не требует заземления прибора. В качестве источника света используется газоразрядная лампа высокого давления до 400 Вт. Светильник может комплектоваться защитной решеткой.

Коэффициент полезного действия: 60.34%  
Световой поток ламп: 34000 lm  
Световой поток от светильников: 20517 lm  
Мощность: 400.0 W  
Светоотдача: 51.3 lm/W

Колориметрические данные  
1xOSRAM POWERSTAR HQI-E 400 W/N: CCT 6000 K, CRI 85

- для ламп ДНАТ определяется общий световой поток всех ламп  $\Phi_{общ}$  лм

$$\Phi_{общ.} = \frac{E_n \cdot F \cdot k_z \cdot z}{\eta} \quad (361)$$

$F$  - Площадь освещаемой поверхности, м<sup>2</sup>;

$E_n$  - нормируемая освещенность

$k_z$  - коэффициент запаса принимается 0.8 для ламп ДНАТ;

$z$  - Коэффициент минимальной освещенности; для линейных источников

$z = 1$  для ламп ДНАТ;

$\eta$  - коэффициент использования светового потока.



Под коэффициентом использования светового потока  $\eta$  понимают отношение светового потока, падающего на расчетную поверхность, к световому потоку источника света. Его значение принимается в зависимости от коэффициентов отражения поверхностей помещения: потолка -  $\rho_{\text{пот}}$ , стен -  $\rho_{\text{ст}}$ , пола -  $\rho_{\text{п}}$  (табл. ) и от индекса помещения ( $i$ ) который находим по формуле

$$i = \frac{A \cdot B}{h_p \cdot (A + B)} \quad (362)$$

$$i = \frac{1547}{6.15 \cdot (39 + 39.67)} = 3.19 \quad (363)$$

где  $h_p$  - расчетная высота, м;

$A, B$  - длина и ширина помещения, м.

Для КСС Д-1 и  $i = 3.19$  при заданных коэффициентах отражения находим методом линейной интерполяции коэффициент использования светового потока:

$$\eta = 65 + \frac{4.4 - 3}{5 - 3} \cdot (73 - 65) = 60\% \text{ или } 0,6 \quad (364)$$

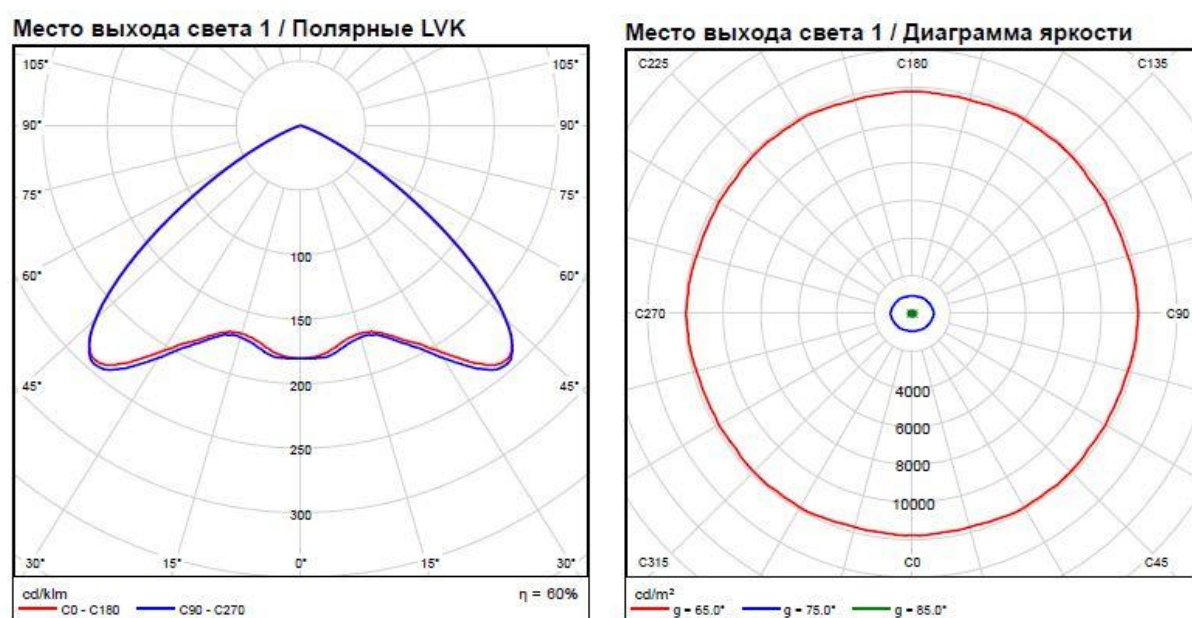


Рисунок 29 – Линейные и полярные характеристики светильника

Коэффициент использования светового потока светильников с типовыми КСС:

$$\Phi_{\text{общ.}} = \frac{200 \cdot 1547 \cdot 0.8 \cdot 1}{0.6} = 412533.33 \text{ лм.} \quad (365)$$

При расчете освещения предварительно выбирается источник света с табличным световым потоком  $\Phi_{\text{л(табл.)}}$ , лм, а неизвестный параметр осветительной установки - число светильников в освещаемом помещении  $N$ , шт. - определяется по формуле

$$N = \frac{\Phi_{\text{общ.}}}{n \cdot \Phi_{\text{л(табл.)}}} \quad (366)$$

где  $n$  - число ламп в светильнике, шт.

$$N = \frac{412533.33}{20517} = 20.1 \text{ шт.} \quad (367)$$

Округляем до 20 шт.

Определяем требуемый световой поток  $\Phi$ , лм одного светильника

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E_{\text{н}} \cdot F \cdot k_3 \cdot z}{N \cdot \eta} \quad (368)$$

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{200 \cdot 1547 \cdot 0.8 \cdot 1}{20 \cdot 0.6} = 20626.66 \text{ лм} \quad (369)$$

По полученному значению потока  $\Phi_{\text{л}}$ , лм выбирается источник света, но при этом должно соблюдаться следующее соотношение

$$-10\% < \Phi_{\text{л(табл.)}} < +20\%$$

Выбран светильник НВА 400Н (20517лм) соотношение выдерживается (на 0.53 % меньше полученного потока  $\Phi_{\text{л}}$ ).

Количество	Светильник (Место выхода света)		
20	Световые Технологии - 1311000310 НВА 400Н IP65 metallic SET P1 Место выхода света 1 Комплектация: 1xOSRAM POWERSTAR HQI-E 400 W/N Коэффициент полезного действия: 60.34% Световой поток ламп: 34000 lm Световой поток от светильников: 20517 lm Мощность: 400.0 W Светоотдача: 51.3 lm/W  Колориметрические данные 1xOSRAM POWERSTAR HQI-E 400 W/N: CCT 6000 K, CRI 85		
Общий световой поток ламп: 680000 lm, Общий световой поток светильников: 410340 lm, Общая мощность: 8000.0 W, Светоотдача: 51.3 lm/W			

Рисунок 30 – Данные светового потока при установке светильников НВА 400Н

Действительная освещенность  $E_d$ , лк площади при выбранном источнике света :

$$E_d = E_n \cdot \frac{\Phi_{л(табл)}}{\Phi_{л}} \quad (370)$$

$$E_d = 200 \cdot \frac{20517}{20626.66} = 202 \text{ лк} \quad (371)$$

Высота помещения в свету: 10.000 m, Коэффициенты отражения: Потолок 70.0%, Стенки 56.5%, Полы 46.3%, Коэффициент эксплуатации: см. паспорт техобслуживания

Рабочая плоскость

	Поверхность	Результат	Средн. (Заданное)	Min	Max	Мин./средн.	Мин./макс.
1	Рабочая плоскость (Помещение для стоянки, ремонта и обслуживание воздушного транспорта)	Освещенность по вертикали (адаптивный) [lx] Высота: 2.000 m, Краевая зона: 0.000 m	208 ( $\geq 200$ )	0.00	270	0.00	0.00

Рисунок 31 – Результат расчета средней освещенности рабочего освещения при помощи программы DIALux evo 8.1.



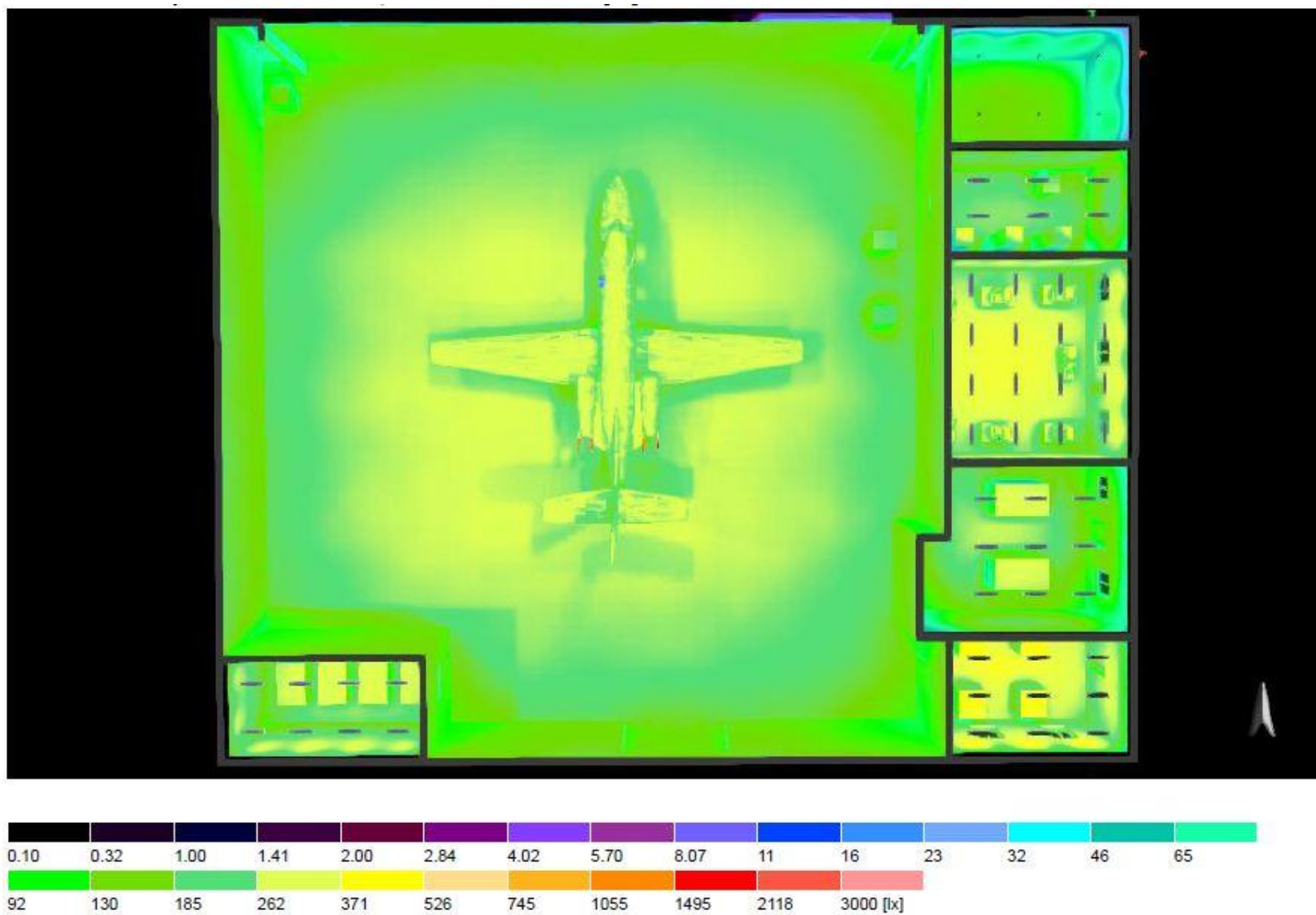


Рисунок 33 – Общий план здания с фиктивными цветами



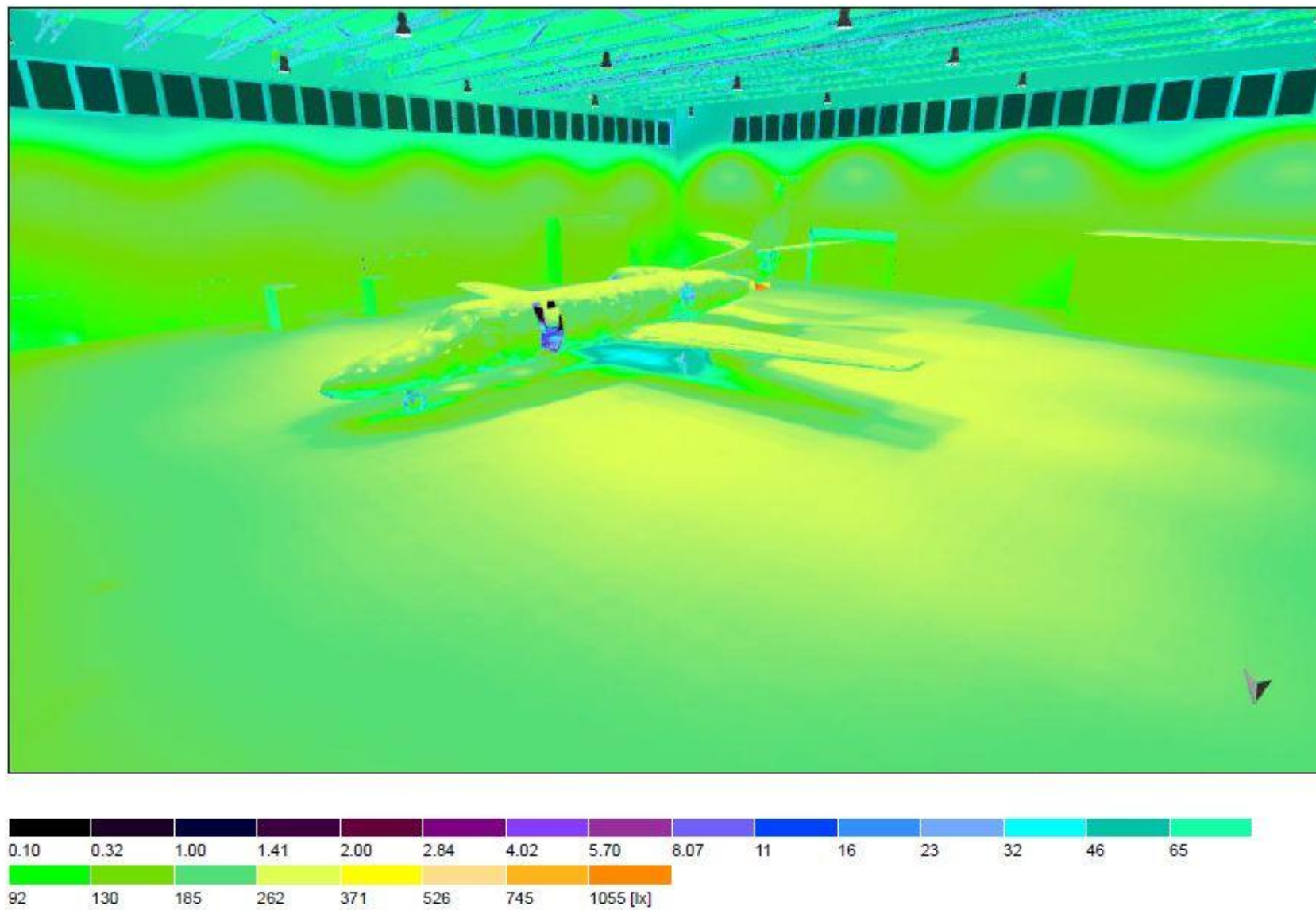


Рисунок 34 – Помещение для стоянки, ремонта и обслуживание воздушного транспорта с фиктивными цветами

Мощность осветительной установки  $P_{o.y.}$ , Вт.

$$P_{o.y.} = P_{л} \cdot N_{л} \quad (372)$$

При применении ламп ДНАТ учитываем мощность пускорегулирующей аппаратуры (ПРА), которая равна 25 % от мощности источника света. Тогда мощность осветительной установки  $P_{o.y.}$ , кВт.

$$P_{o.y.} = 1,25 \cdot P_{л} \cdot N_{л} \quad (373)$$

где  $P_{л}$  – номинальная мощность лампы, кВт;

$N_{л}$  – общее число ламп в помещении, шт.

$$P_{o.y.} = 1,25 \cdot 0,4 \cdot 20 = 10 \text{ кВт} \quad (374)$$

Высота помещения в свету: 10.000 m, Коэффициенты отражения: Потолок 70.0%, Стенки 57.1%, Полы 46.3%, Коэффициент эксплуатации: 0.80

#	Светильник	Ф(Светильник) [lm]	Мощность [W]	Светоотдача [lm/W]
20	Световые Технологии - 1311000310 HBA 400H IP65 metallic SET P1	20517	400.0	51.3
Сумма для всех светильников		410340	8000.0	51.3

Удельная потребляемая мощность: 5.17 W/m² (Площадь в основании помещения 1546.92 m²)

Потребление: 22000 kWh/a макс. 54150 kWh/a

Параметры расхода энергии не учитывают сцены освещения и состояния регулировки яркости.

Рисунок 35 – Результаты расчета рабочего освещения при помощи программы DIALux evo 8.1.



Рисунок 36 – Итоговый результат расчета рабочего освещения (вид сверху)





Рисунок 37 – Итоговый результат расчета рабочего освещения (общий план)

### 21.1.2. Аварийное освещение

Аварийное освещение в здании выполняется отдельными осветительными установками рабочего освещения, согласно нормам ГОСТ Р 55842-2013 (ИСО 30061:2007) Освещение аварийное. Классификация и нормы и ОСТ 54 72003-82 искусственное освещение на эксплуатационных предприятиях гражданской авиации уровень освещенности должен быть не менее 2 лк, но заказчик ужесточил требования до 20лк.

Расположение и координаты монтажа светильников изображены на рисунке

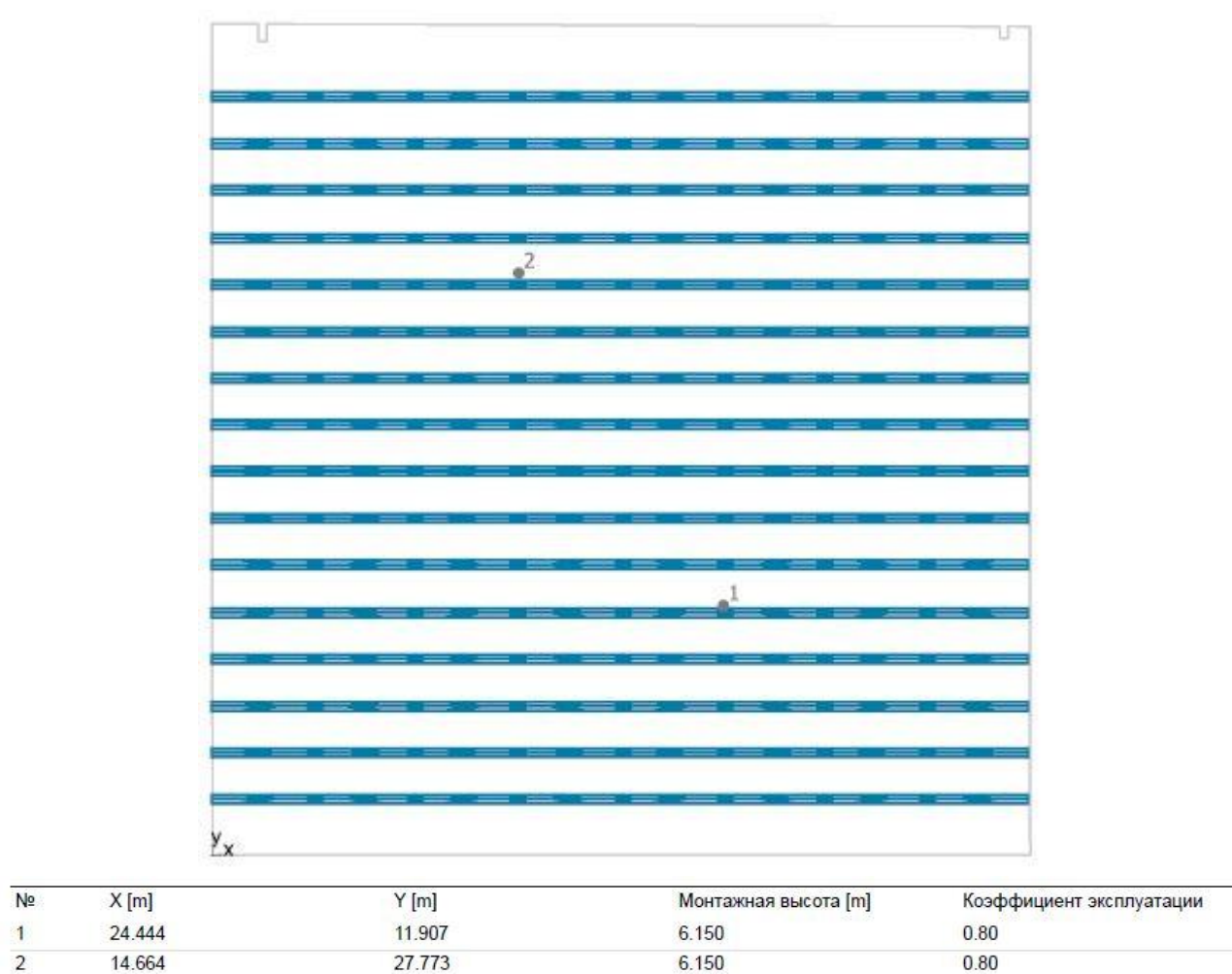


Рисунок 38 – Расположение светильников и монтажные координаты аварийного освещения

### 21.1.2.1. Метод коэффициента использования светового потока

Метод коэффициента использования светового потока применяется для нахождения равномерного освещения.

$$\Phi_{\text{общ.}} = \frac{E_n \cdot F \cdot k_z \cdot z}{\eta} \quad (375)$$

$F$  - Площадь освещаемой поверхности, м<sup>2</sup>;

$E_n$  - нормируемая освещенность

$k_z$  - коэффициент запаса принимается 0.8 для ламп ДНАТ;

$z$  - Коэффициент минимальной освещенности; для линейных источников

$z = 1$  для ламп ДНАТ;

$\eta$  - коэффициент использования светового потока.

Под коэффициентом использования светового потока  $\eta$  понимают отношение светового потока, падающего на расчетную поверхность, к световому потоку источника света. Его значение принимается в зависимости от коэффициентов отражения поверхностей помещения: потолка -  $\rho_{\text{пот}}$ , стен -  $\rho_{\text{ст}}$ , пола -  $\rho_{\text{п}}$  и от индекса помещения ( $i$ ) который находим по формуле

$$i = \frac{A \cdot B}{h_p \cdot (A + B)} \quad (376)$$

$$i = \frac{1547}{6.15 \cdot (39 + 39.67)} = 3.19 \quad (377)$$

где  $h_p$  - расчетная высота, м;

$A, B$  - длина и ширина помещения, м.

Для КСС Д-1 и  $i = 3.19$  при заданных коэффициентах отражения находим методом линейной интерполяции коэффициент использования светового потока:

$$\eta = 65 + \frac{4.4 - 3}{5 - 3} \cdot (73 - 65) = 60\% \text{ или } 0,6 \quad (378)$$

Коэффициент использования светового потока светильников с типовыми КСС:

$$\Phi_{\text{общ.}} = \frac{20 \cdot 1547 \cdot 0.8 \cdot 1}{0.6} = 41253 \text{ лм.} \quad (379)$$

При расчете освещения предварительно выбирается источник света с табличным световым потоком  $\Phi_{л(табл.)}$ , лм, а неизвестный параметр осветительной установки - число светильников в освещаемом помещении  $N$ , шт. - определяется по формуле

$$N = \frac{\Phi_{общ.}}{n \cdot \Phi_{л(табл.)}} \quad (380)$$

где  $n$  - число ламп в светильнике, шт.

$$N = \frac{41253}{20517} = 2.01 \text{ шт.} \quad (381)$$

Округляем до 2 шт.

Определяем требуемый световой поток  $\Phi$ , лм одного светильника

$$\Phi_{л} = \frac{E_n \cdot F \cdot k_3 \cdot z}{N \cdot \eta} \quad (382)$$

$$\Phi_{л} = \frac{20 \cdot 1547 \cdot 0.8 \cdot 1}{2 \cdot 0.6} = 20626.66 \text{ лм} \quad (383)$$

Действительная освещенность  $E_d$ , лк площади при выбранном источнике света

$$E_d = E_n \cdot \frac{\Phi_{л(табл.)}}{\Phi_{л}} \quad (384)$$

$$E_d = 20 \cdot \frac{20517}{20626.66} = 20.01 \text{ лк} \quad (385)$$

Высота помещения в свету: 10.000 m, Коэффициенты отражения: Потолок 70.0%, Стенки 56.5%, Полы 46.3%, Коэффициент эксплуатации: см. паспорт техобслуживания

#### Рабочая плоскость

Поверхность	Результат	Средн. (Заданное)	Min	Max	Мин./средн.	Мин./макс.
1 Рабочая плоскость (Помещение для стоянки, ремонта и обслуживание воздушного транспорта)	Освещенность по вертикали (адаптивный) [lx] Высота: 0.000 m, Краевая зона: 0.000 m	21.8 ( $\geq 20.0$ )	0.89	61.9	0.041	0.014

Удельная потребляемая мощность: 0.00 W/m<sup>2</sup> = 0.00 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Площадь в основании помещения 1475.55 m<sup>2</sup>)

Потребление: 0 kWh/a макс. 50 kWh/a

Параметры расхода энергии не учитывают сцены освещения и состояния регулировки яркости.

Рисунок 39 – Результат расчета средней освещенности при помощи программы DIALux evo 8.1.





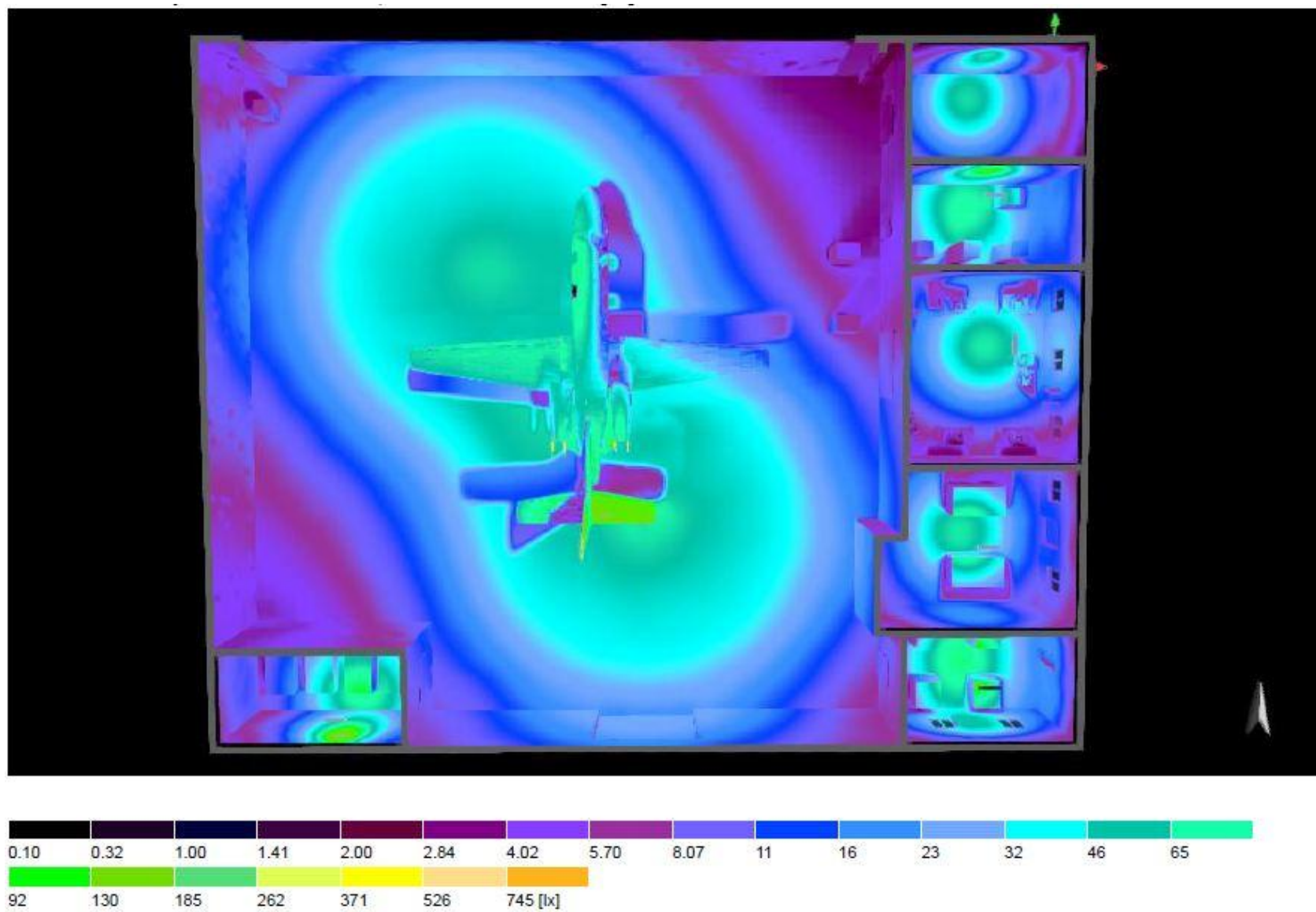


Рисунок 41 – Общий план здания с фиктивными цветами

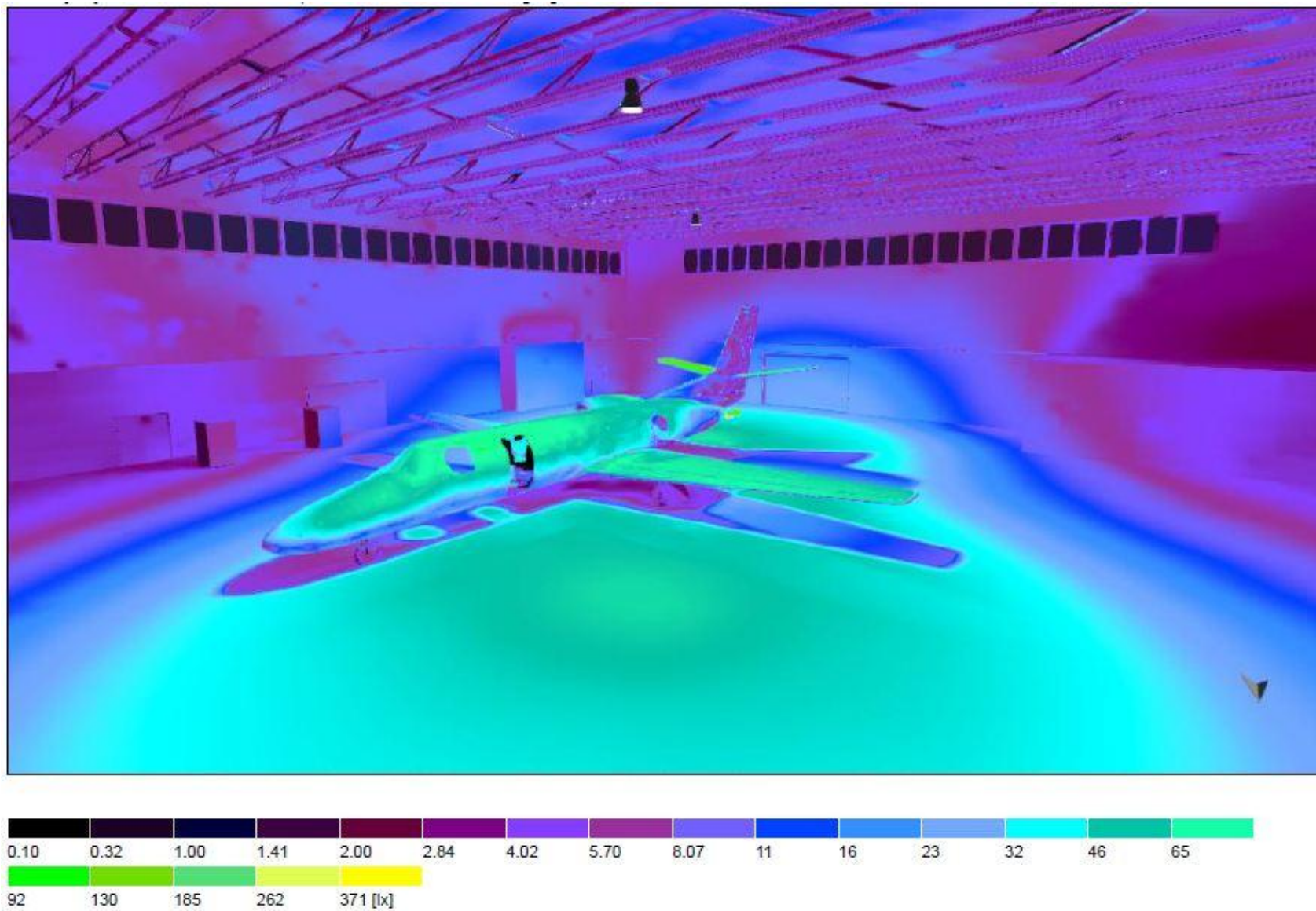


Рисунок 42 – Помещение для стоянки, ремонта и обслуживания воздушного транспорта с фиктивными цветами

Мощность осветительной установки  $P_{o.y.}$ , Вт.

$$P_{o.y.} = P_l \cdot N_l \quad (386)$$

При применении ламп ДНАТ учитываем мощность пускорегулирующей аппаратуры (ПРА), которая равна 25 % от мощности источника света. Тогда мощность осветительной установки  $P_{o.y.}$ , кВт.

$$P_{o.y.} = 1,25 \cdot P_l \cdot N_l \quad (387)$$

где  $P_l$  – номинальная мощность лампы, кВт;

$N_l$  – общее число ламп в помещении, шт.

$$P_{o.y.} = 1,25 \cdot 0,4 \cdot 2 = 1 \text{ кВт} \quad (388)$$

# Светильник	Ф(Светильник) [lm]	Мощность [W]	Светоотдача [lm/W]
2 Световые Технологии - 1311000310 HBA 400H IP65 metallic SET P1	20517	400.0	51.3
Сумма для всех светильников	41034	800.0	51.3

Удельная потребляемая мощность:  $0.52 \text{ W/m}^2 = 2.07 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Площадь в основании помещения  $1546.92 \text{ m}^2$ )

Потребление: 970 - 1550 kWh/а макс. 54150 kWh/а

Параметры расхода энергии не учитывают сцены освещения и состояния регулировки яркости.

Рисунок 43 – Результаты расчета аварийного освещения при помощи программы DIALux evo 8.1.





Рисунок 44 – Итоговый результат расчета аварийного освещения (вид сверху)



Рисунок 45 – Итоговый результат расчета аварийного освещения (общий план)

### **21.1.3. Расчет освещения помещения для стоянки, ремонта и обслуживание воздушного транспорта с использованием светодиодных светильников**

Всего несколько лет назад светодиодные источники света использовались в основном для декоративного освещения и подсветки. Развитие и совершенствование технологий производства кристаллических полупроводниковых материалов привело к появлению ряда ценных преимуществ у светодиодных светильников, расширению области их применения и увеличению доли на рынке.

К достоинствам LED-приборов относятся:

- Низкое энергопотребление;
- Энергосберегающие светодиодные лампы потребляют в 2-8 раз меньше электрической энергии, чем другие искусственные источники света;
- Большой срок службы;
- Безопасность.

В конструкции светодиодного светильника отсутствуют вредные и опасные компоненты (ртуть, аргон, неон, криптон), что обеспечивает экологическую и противопожарную безопасность его эксплуатации и не требует специальных условий для утилизации.

Свет, излучаемый полупроводниковыми материалами, максимально приближен к естественному дневному излучению, характеризуется высоким уровнем цветопередачи и чистотой, отсутствием пульсации светового потока, инфракрасных и ультрафиолетовых лучей. Комбинации различных светодиодов дают возможность создавать любые цветовые оттенки.

Твердотельные источники света устойчивы к вибрации, механическим повреждениям, способны работать в любых климатических условиях.

Светодиодные лампы не требуют установки специальной пускорегулирующей аппаратуры и регулярного технического обслуживания.

Небольшие размеры LED источников света являются еще одним преимуществом светодиодных светильников. Однако в некоторых случаях,

например, для создания мощного светового потока более 1000 лм эта особенность становится недостатком, поскольку требует использования большого массива светодиодов.

Недостатки светодиодных приборов освещения:

Низкая яркость светового потока по сравнению с традиционными источниками света. Проблему удастся устранить путем использования нескольких полупроводников в одном приборе и объединения их в группы светодиодных модулей.

Срок службы светодиодных светильников определяется не только рабочим потенциалом светодиодов, но и зависит от параметров, других составляющих системы освещения (размер и эффективность теплоотвода, гарантированный срок эксплуатации драйвера). По этой причине некоторые светодиодные установки могут работать меньше рекламируемого производителем срока.

Высокая стоимость LED-приборов по сравнению с другими искусственными источниками света, хотя общие затраты на освещение с учетом значительного срока службы светильников будут в несколько раз ниже.

#### **21.1.3.1. Размещение светодиодных светильников**

Существуют два способа размещения светильников общего освещения: равномерное и локализованное. При локализованном способе вопрос о выборе места расположения светильника должен решаться индивидуально в каждом конкретном случае в зависимости от характера производственного процесса.

Расчетная высота  $h_p$  установки светильника определяется по формуле:

$$h_p = H - h_c - h_{py} \quad (389)$$

$$h_p = 8.65 - 0.1 - 2 = 6.55 \text{ м.} \quad (390)$$

$H$ — высота помещения, м;  $H=8.65$  м.

$h_{py}$  - высота расчетной поверхности над полом, м. согласно ОСТ 54 72003-82

$h_{py} = 2$  м.

$h_c$  - расстояние от светильника до перекрытия (свес), м  $h_c = 0.1$  м.

Определяем расстояние в ряду между светильниками  $L_A$  и расстояние между рядами светильниками  $L_B$  по формуле

$$L_{A,B} = \lambda_c \cdot h_p, \quad (391)$$

$$L_{AB} = 1 \cdot 6.55 = 6.55 \quad (392)$$

где  $\lambda_c$  и  $\lambda_p$  - светотехнически и энергетически наивыгоднейшее относительное расстояние между светильниками принимаем 1.

$L$  — расстояние между соседними светильниками в ряду или рядами светильников, м;

Если расстояние между стеной и крайним светильником принять равным половине расстояния между светильниками, то число светильников в ряду  $N_A$ , шт. и число рядов  $N_B$ , шт. определяется по формулам

$$N_A = \frac{A}{L}; \quad N_B = \frac{B}{L} \quad (393)$$

$$N_A = \frac{39.67}{6.55} = 6.05 = 7 \quad N_B = \frac{39}{6.55} = 5.95 = 6 \quad (394)$$

где  $A$  и  $B$  - размеры помещения (длина и ширина), м.

Найдем общее число светильников в помещении  $N$ , шт.

$$N = N_A \cdot N_B \quad (395)$$

$$N = 7 \cdot 6 = 42 \text{ шт.} \quad (396)$$

Определяем расстояние между центрами светильников в ряду

$$L_A = \frac{A}{N_A}; \quad L_B = \frac{B}{N_B} \quad (397)$$

$$L_A = \frac{39.67}{7} \approx 5.66 \text{ м.} \quad (398)$$

$$L_B = \frac{39}{6} \approx 6.5 \text{ м.} \quad (399)$$

и расстояние ( $l_{A,B}$ ) между светильником стенами  $A, B$

$$l_A = 0.5 \cdot L_A; \quad l_A = 0.5 \cdot L_B \quad (400)$$

$$l_A = 0.5 \cdot 5.66 = 2.83 \text{ м.} \quad (401)$$

$$l_B = 0.5 \cdot 6.5 = 3.25 \text{ м.} \quad (402)$$

$l$  — расстояние от крайних светильников или рядов светильников до стены, м (принимается (0,3-0,5)/. в зависимости от наличия вблизи стен рабочих мест);

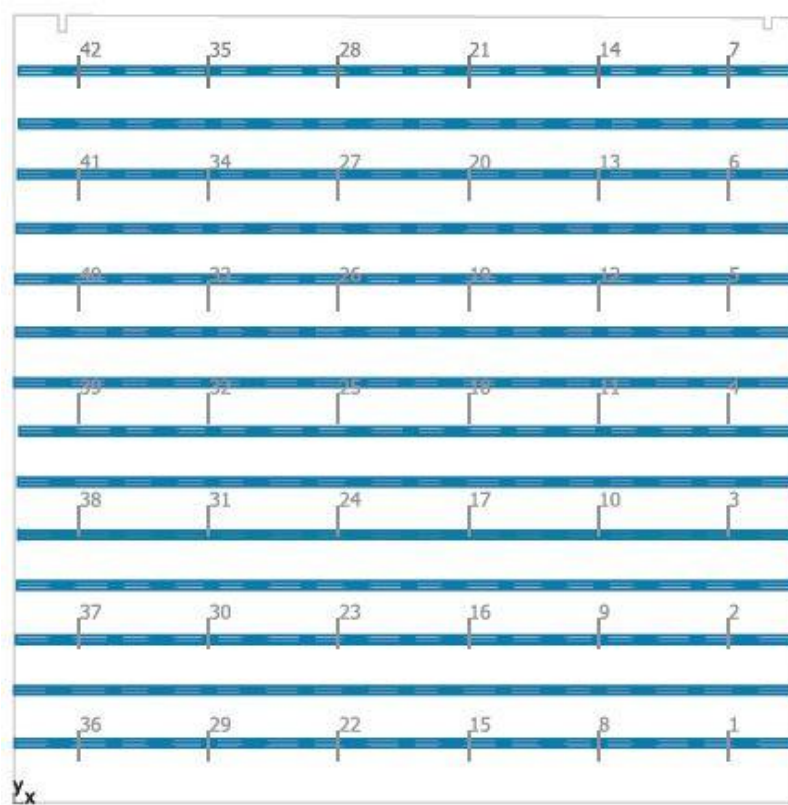


Рисунок 46 – Расположение светодиодных светильников

Световые Технологии 1598000220 FACTORY.OPL LED 100 IP54 5000K

№	X [m]	Y [m]	Монтажная высота [m]	Коэффициент эксплуатации
1	35.830	2.833	6.900	0.80
2	35.830	8.498	6.900	0.80
3	35.830	14.163	6.900	0.80
4	35.830	19.828	6.900	0.80
5	35.830	25.493	6.900	0.80
6	35.830	31.159	6.900	0.80
7	35.830	36.824	6.900	0.80
8	29.315	2.833	6.900	0.80
9	29.315	8.498	6.900	0.80
10	29.315	14.163	6.900	0.80
11	29.315	19.828	6.900	0.80
12	29.315	25.493	6.900	0.80
13	29.315	31.159	6.900	0.80
14	29.315	36.824	6.900	0.80
15	22.801	2.833	6.900	0.80
16	22.801	8.498	6.900	0.80
17	22.801	14.163	6.900	0.80
18	22.801	19.828	6.900	0.80
19	22.801	25.493	6.900	0.80
20	22.801	31.159	6.900	0.80
21	22.801	36.824	6.900	0.80
22	16.286	2.833	6.900	0.80

№	X [m]	Y [m]	Монтажная высота [m]	Коэффициент эксплуатации
23	16.286	8.498	6.900	0.80
24	16.286	14.163	6.900	0.80
25	16.286	19.828	6.900	0.80
26	16.286	25.493	6.900	0.80
27	16.286	31.159	6.900	0.80
28	16.286	36.824	6.900	0.80
29	9.772	2.833	6.900	0.80
30	9.772	8.498	6.900	0.80
31	9.772	14.163	6.900	0.80
32	9.772	19.828	6.900	0.80
33	9.772	25.493	6.900	0.80
34	9.772	31.159	6.900	0.80
35	9.772	36.824	6.900	0.80
36	3.257	2.833	6.900	0.80
37	3.257	8.498	6.900	0.80
38	3.257	14.163	6.900	0.80
39	3.257	19.828	6.900	0.80
40	3.257	25.493	6.900	0.80
41	3.257	31.159	6.900	0.80
42	3.257	36.824	6.900	0.80

Рисунок 47 – Координаты монтажа светодиодных светильников

### 21.1.3.2. Светотехнический расчет установки методом коэффициента использования светового потока

Метод коэффициента использования светового потока применяется для нахождения равномерного освещения.

Выбираем светильник FACTORY.OPL LED 100

#### Световые Технологии 1598000220 FACTORY.OPL LED 100 IP54 5000K 1xLED



Подвесная модульная система. Монтируются на поверхность потолка с помощью монтажных пластин. В качестве источника света применяются SMD LED с длительным сроком службы.

Абсолютная фотометрия  
Световой поток от светильников: 10730 lm  
Мощность: 95.0 W  
Светоотдача: 112.9 lm/W  
Колориметрические данные  
1xLED: CCT 5000 K, CRI 70

- для светодиодных светильников определяется общий световой поток всех ламп

$\Phi_{\text{общ}}$ , ЛМ

$$\Phi_{\text{общ.}} = \frac{E_n \cdot F \cdot k_z \cdot z}{\eta} \quad (403)$$

$F$  - Площадь освещаемой поверхности, м<sup>2</sup>;

$E_n$  - нормируемая освещенность

$k_z$  - коэффициент запаса принимается 0.8 для светодиодных светильников;

$z$  - Коэффициент минимальной освещенности; для линейных источников

$z = 1$  для светодиодных светильников;

$\eta$  -коэффициент использования светового потока.

Под коэффициентом использования светового потока  $\eta$  понимают отношение светового потока, падающего на расчетную поверхность, к



световому потоку источника света. Его значение принимается в зависимости от коэффициентов отражения поверхностей помещения: потолка -  $\rho_{\text{пот}}$ , стен -  $\rho_{\text{ст}}$ , пола -  $\rho_{\text{п}}$  (табл. ) и от индекса помещения ( $i$ ) который находим по формуле

$$i = \frac{A \cdot B}{h_p \cdot (A+B)} \quad (404)$$

$$i = \frac{1547}{6.55 \cdot (39 + 39.67)} = 3. \quad (405)$$

где  $h_p$  - расчетная высота, м;

$A, B$  - длина и ширина помещения, м.

Для КСС Д-1 и  $i = 3.0$  при заданных коэффициентах отражения находим методом линейной интерполяции коэффициент использования светового потока:

$$\eta = 62 + \frac{4.4-3}{5-3} \cdot (73 - 62) = 55\% \text{ или } 0,55 \quad (406)$$

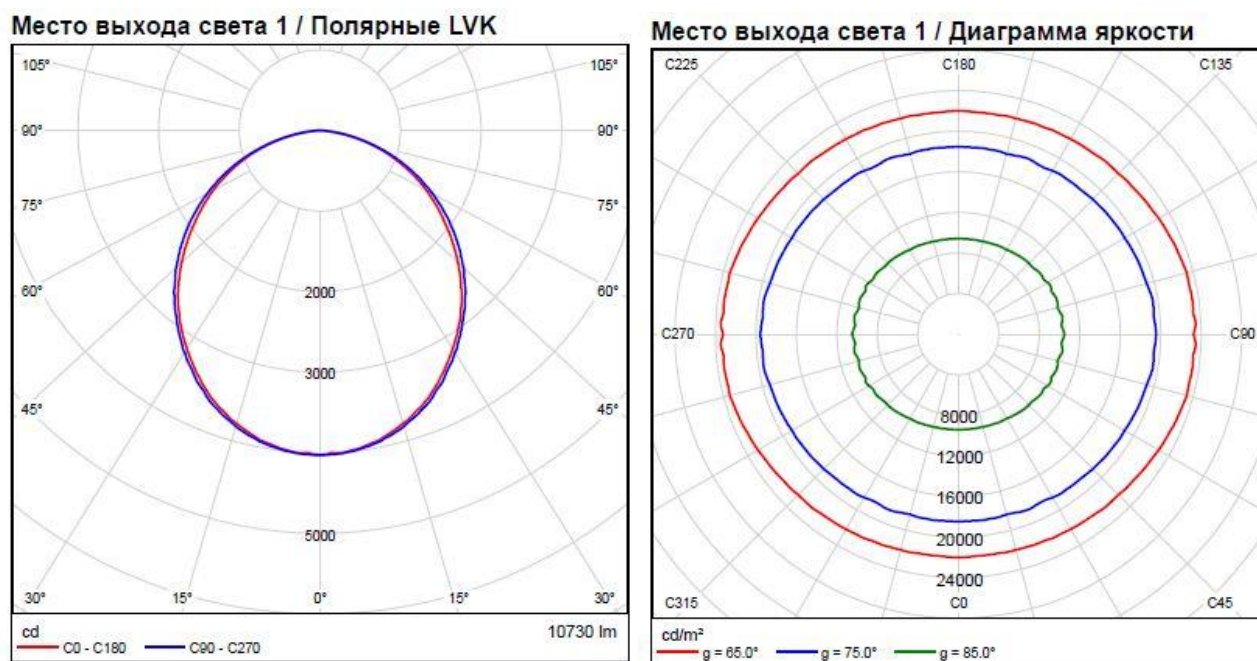


Рисунок 48 – Линейные и полярные характеристики светильника

Коэффициент использования светового потока светильников с типовыми КСС

$$\Phi_{\text{общ.}} = \frac{200 \cdot 1547 \cdot 0.8 \cdot 1}{0.55} = 450036.36 \text{ лм.} \quad (407)$$

При расчете освещения предварительно выбирается источник света с табличным световым потоком  $\Phi_{л(табл.)}$ , лм, а неизвестный параметр осветительной установки - число светильников в освещаемом помещении  $N$ , шт. - определяется по формуле

$$N = \frac{\Phi_{общ.}}{n \cdot \Phi_{л(табл.)}} \quad (408)$$

где  $n$  - число ламп в светильнике, шт.

$$N = \frac{450036.36}{10730} = 41.94 \text{ шт.} \quad (409)$$

Округляем до 42 шт.

Определяем требуемый световой поток  $\Phi$ , лм одного светильника

$$\Phi_{л} = \frac{E_n \cdot F \cdot k_z \cdot z}{N \cdot \eta} \quad (410)$$

$$\Phi_{л} = \frac{200 \cdot 1547 \cdot 0.8 \cdot 1}{42 \cdot 0.55} = 10715.15 \text{ лм} \quad (411)$$

По полученному значению потока  $\Phi_{л}$ , лм выбирается источник света, но при этом должно соблюдаться следующее соотношение

$$-10\% < \Phi_{л(табл.)} < +20\%$$

Выбран светильник FACTORY.OPL LED 100 (10730лм) соотношение выдерживается (на 0.02 % больше полученного потока  $\Phi_{л}$ ).

Количество	Светильник (Место выхода света)		
42	Световые Технологии - 1598000220 FACTORY.OPL LED 100 IP54 5000K Место выхода света 1 Комплектация: 1xLED Абсолютная фотометрия Световой поток от светильников: 10730 lm Мощность: 95.0 W Светоотдача: 112.9 lm/W  Колориметрические данные 1xLED: CCT 5000 K, CRI 70		
Общий световой поток ламп: 450660 lm, Общий световой поток светильников: 450660 lm, Общая мощность: 3990.0 W, Светоотдача: 112.9 lm/W			

Рисунок 49 – Данные светового потока при установке светильников  
FACTORY.OPL LED 100

Действительная освещенность  $E_d$ , лк площади при выбранном источнике света :

$$E_d = E_n \cdot \frac{\Phi_{л(табл)}}{\Phi_{л}} \quad (412)$$

$$E_d = 200 \cdot \frac{10730}{10715.15} = 200.27 \text{ лк} \quad (413)$$

Высота помещения в свету: 10.000 m, Коэффициенты отражения: Потолок 70.0%, Стенки 56.5%, Полы 46.3%, Коэффициент эксплуатации: см. паспорт техобслуживания

#### Рабочая плоскость

Поверхность	Результат	Средн. (Заданное)	Min	Max	Мин./средн.	Мин./макс.
1 Рабочая плоскость (Помещение для стоянки, ремонта и обслуживание воздушного транспорта)	Освещенность по вертикали (адаптивный) [lx] Высота: 2.000 m, Краевая зона: 0.000 m	210 ( $\geq 200$ )	0.00	268	0.00	0.00

Рисунок 50 – Результат расчета средней освещенности при помощи программы DIALux evo 8.1.



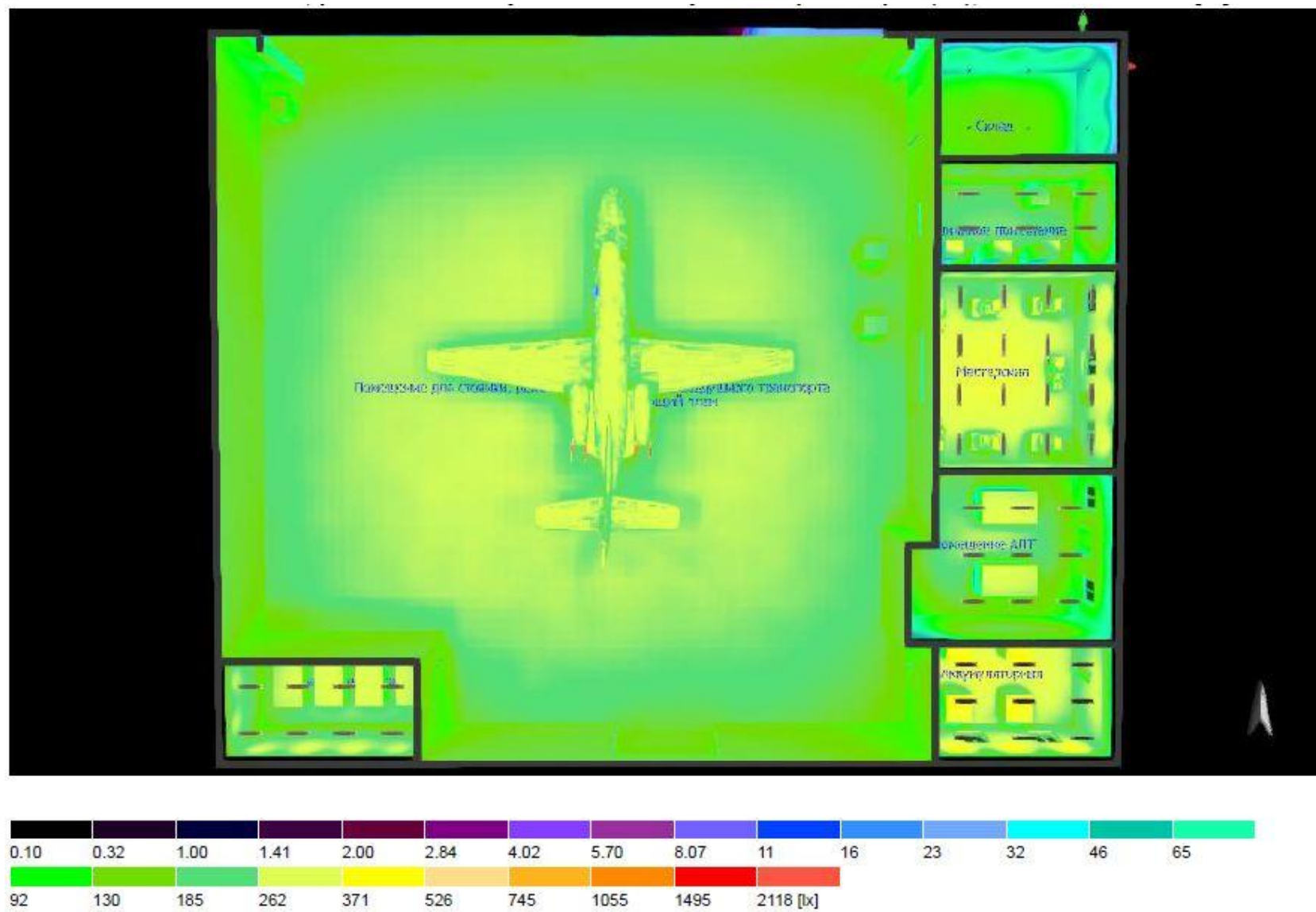


Рисунок 52 – Общий план здания с фиктивными цветами



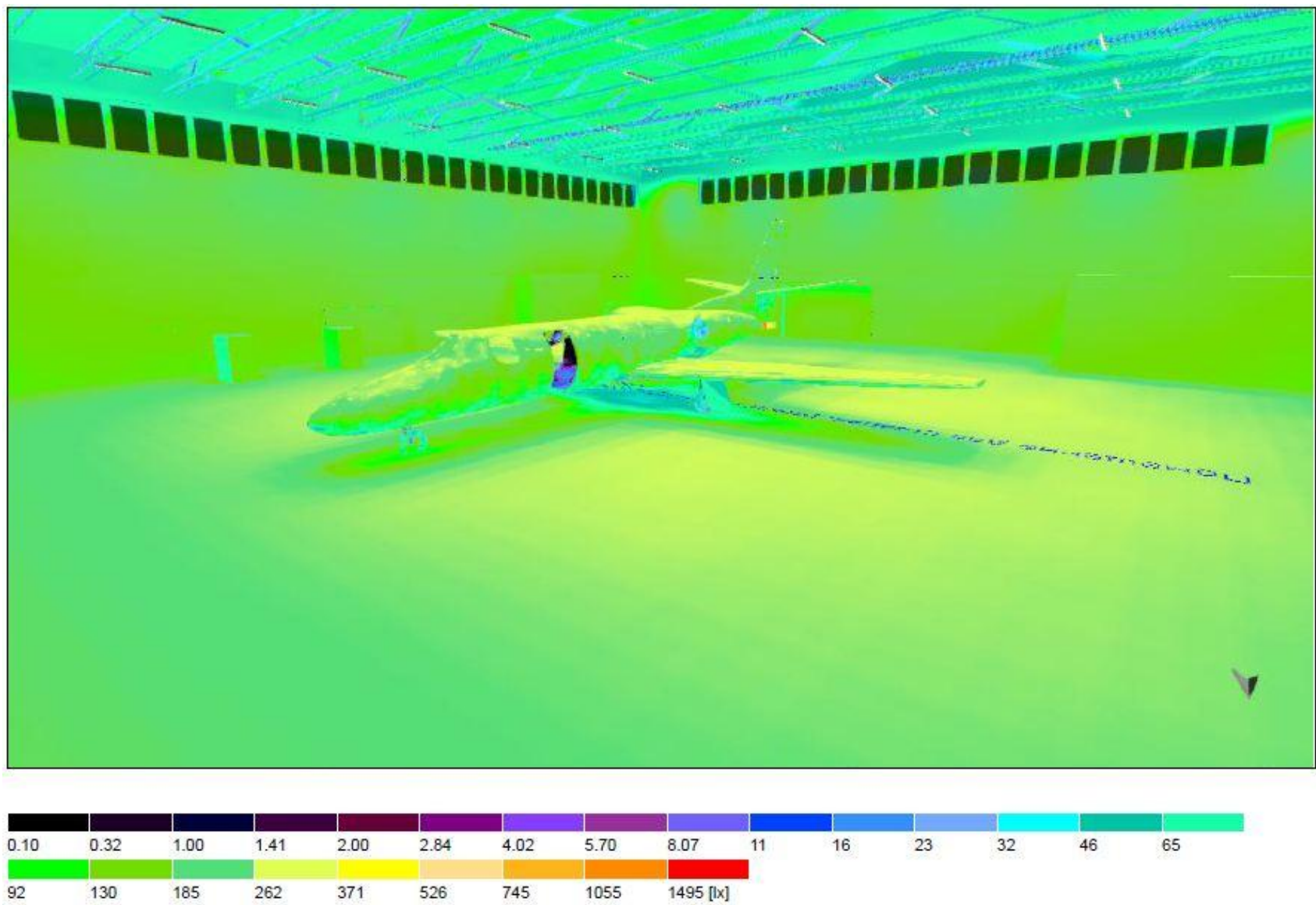


Рисунок 53 – Помещение для стоянки, ремонта и обслуживания воздушного транспорта с фиктивными цветами

Мощность осветительной установки  $P_{o.y.}$ , кВт.

$$P_{o.y.} = P_l \cdot N_l \quad (414)$$

где  $P_l$  – номинальная мощность лампы, кВт;

$N_l$  – общее число ламп в помещении, шт.

$$P_{o.y.} = 0.095 \cdot 42 = 3.99 \text{ кВт} \quad (415)$$

Высота помещения в свету: 0.001 м, Коэффициенты отражения: Потолок 70.0%, Стенки 57.1%, Полы 46.3%, Коэффициент эксплуатации: 0.80

#	Светильник	Ф(Светильник) [lm]	Мощность [W]	Светоотдача [lm/W]
42	Световые Технологии - 1598000220 FACTORY.OPL LED 100 IP54 5000K	10730	95.0	112.9
Сумма для всех светильников		450660	3990.0	112.9

Удельная потребляемая мощность: 2.58 W/m<sup>2</sup> (Площадь в основании помещения 1546.92 м<sup>2</sup>)

Потребление: 10950 kWh/a макс. 54150 kWh/a

Параметры расхода энергии не учитывают сцены освещения и состояния регулировки яркости.

Рисунок 54 – Результаты расчета светодиодного освещения при помощи программы DIALux evo 8.1.



Рисунок 55 – Итоговый результат расчета светодиодного освещения (вид сверху)





Рисунок 56 – Итоговый результат расчета светодиодного освещения (общий план)

## **21.2 Техничко-экономическое обоснование модернизации освещения помещение для стоянки, ремонта и обслуживание воздушного транспорта с заменой светильников НВА 400Н с лампами ДНАТ на энергосберегающие светодиодные светильники FACTORY.OPL LED 100**

Суть мероприятия состоит в непосредственной замене светильников НВА 400Н с лампами ДНАТ на светодиодные светильники, потребляющие в 5-6 раз меньше электроэнергии при равном выдаваемом световом потоке. Рекомендуемая модель светильников - светодиодный светильник FACTORY.OPL LED 100.

Стоимость одного светодиодного светильника уличного освещения FACTORY.OPL LED 100 составляет на май 2019 года 13 775,84 рублей [25]. Стоимость работ по обслуживанию светодиодного светильника FACTORY.OPL LED 100– 1 237 руб./шт. (стоимость определяется договором)

В качестве экономического эффекта от проведения комплекса энергоэффективных мероприятий выступает снижение объема затрат на приобретаемую электроэнергию, сокращение удельных расходов энергоресурса. Относительно систем электроснабжения следует отметить замена системы наружного освещения на современную приводит к снижению риска аварий, снижению пиковых нагрузок, повышению качества электроэнергии, снижению потерь в сетях.

Возможными рисками при реализации мероприятий могут стать следующие факторы:

- несвоевременное и недостаточное финансирование мероприятия;
- несвоевременное выполнение работ;
- поставка некачественного оборудования;
- увеличение стоимости оборудования и работ по мероприятиям.

В целях минимизации указанных рисков в процессе реализации мероприятий будут предусмотрены следующие аспекты:

- создание эффективной системы отбора поставщиков работ, товара, услуг на выполнение работ (разработка критериев отбора специалистов на составление проектно-сметной документации, подрядной организации);
- регулярный мониторинг хода выполнения мероприятий, анализ (работники заказчика, привлеченные специалисты);
- своевременное перераспределение объемов финансирования в случае необходимости;
- наличие в договоре подряда пункта - Энергетическая гарантия.

### 21.2.1 Сущность и этапы выполнения энергоаудита

$$\mathcal{E}_n = (P_{\text{ДНАТ}} \cdot n_{\text{ДНАТ}} - P_{\text{СВД}} \cdot n_{\text{СВД}}) \cdot N_{\text{ч}} \cdot K_c \quad (416)$$

$\mathcal{E}_n$  - экономия электроэнергии в натуральном эквиваленте за год, кВт·ч:

$P_{\text{ДНАТ}}$  - установленная мощность светильника НВА 400Н с лампой ДНАТ, Вт,

$P_{\text{СВД}}$  - установленная мощность светильника FACTORY.OPL LED 100, Вт,

$n$  - количество ламп,

$N_{\text{ч}}$  – средняя продолжительность часов работы светильников в году,

определяется как произведение количества дней работы ламп в году на количество часов работы в день (365 дней \* 12 часов в день);

$K_c$  - коэффициент использования (Данная величина определяется в соответствии с СП 31-110-2003 «Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий»).

Коэффициент использования при расчете мероприятия по замене светильников освещения на более энергоэффективные принять равным 1.

$$\mathcal{E}_n = (0.4 \cdot 20 - 0.095 \cdot 42) \cdot 4380 \cdot 1 = 17563.8 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (417)$$

разница между НВА 400Н и FACTORY.OPL LED 100 в год.

Годовая экономия электроэнергии в денежном выражении:

$$\mathcal{E}_{\text{ден}} = \mathcal{E}_n \cdot T_{\mathcal{E}} \quad (418)$$

$T_{\mathcal{E}}$  – тариф на электроэнергию равный 12 рублям за 1 кВт·ч (согласно договору) (руб.)

$$\mathcal{E}_{\text{ден}} = 17563.8 \cdot 12 = 210765.6 \text{ руб.} \quad (419)$$

### 21.2.2 Определение объема затрат на реализацию энергосберегающих мероприятий

Цена одного светодиодного светильника FACTORY.OPL LED 100 равна 13 775,84 рублей.

Эксплуатационные затраты включают в себя работы по протяжке контактов пускорегулирующей аппаратуры. Данное мероприятие необходимо проводить ежегодно, для увеличения срока службы энергосберегающих светильников. Стоимость работ по обслуживанию энергосберегающих светильников – 1 237 руб./шт. согласно заключенному договору. Договор в этой части заключается отдельно в зависимости от качества электрических сетей.

Стоимость демонтажа светильников НВА 400Н составляет 2124 руб./шт.

Стоимость доставки до морского порта Сабетта составляет 202504.84 руб.

Капитальные затраты на приобретение комплекта светильников составят:

$$K_z = 13775.84 \times 42 = 578585.28 \text{ руб.} \quad (420)$$

Эксплуатационные затраты составят:

$$\mathcal{E}_z = 1\,237 \times 42 = 51954 \text{ руб./год (цифра как пример зависит от качества сетей)}$$

Стоимость демонтажа светильников НВА 400Н составляет:

$$D_z = 2124 \times 20 = 42480 \text{ руб.} \quad (421)$$

### 21.2.3 Простой срок окупаемости (количество периодов)

$$DP = \frac{Inv}{E_t} \quad (422)$$

где  $E_t$  – экономия в период времени (на этапе  $t$ ),

$Inv$  – инвестиции (капитальные затраты) в проект.

Таким образом, находим срок окупаемости мероприятия:

$$DP = \frac{823570.12}{210765.6} = 3,9 \quad (423)$$

Срок окупаемости рекомендуется округлять до целых чисел, т.е. в данном случае срок окупаемости составляет 4 года. Гарантийный срок службы светодиодных светильников составляет 50000 часов (срок службы светильника не менее 10 лет)

#### 21.2.4 Определение индекса энергоэффективности

$$I_{\text{ээ}} = (K_{\text{з}} + \text{Э}_{\text{з}}) / \text{Э}_{\text{г}} \quad (424)$$

где:  $I_{\text{ээ}}$  – Индекс энергоэффективности;

$K_{\text{з}}$  – Капитальные затраты на мероприятие, руб.;

$\text{Э}_{\text{з}}$  – Эксплуатационные затраты за год на мероприятие, руб.;

$\text{Э}_{\text{г}}$  – Годовая экономия электроэнергии, кВт·ч.

РАСЧЕТ:

$$I_{\text{э.э}} = (823570.23 + 51954) / 17563.8 = 0.02 \quad (425)$$

823570.23 руб. – капитальные затраты на проект;

51954 руб. – эксплуатационные затраты на проект;

17563.8 кВт·ч. – годовая экономия электроэнергии от внедрения энергосберегающего мероприятия.

Таблица 68 – Сводная таблица результатов проекта

Экономия в денежном выражении и в год, руб.	Экономия в кВт·ч	Капитальные затраты, руб.	Эксплуатационные затраты, руб.	Индекс энергоэффективности (рентабельность)
210765.6	17563.8	823570.23	51954	0.02

сумма счета за эл.энергию за 20 светильников НВА 400Н = 420480 рублей

сумма счета за эл.энергию за 42 светильника FACTORY.OPL LED 100= 209714.4 рублей.

Годовая экономия только по счетам = 210765 рублей.

## **Заключение**

Технико-экономическое обоснование, проведенное для модернизации освещения помещения для стоянки, ремонта и обслуживания воздушного транспорта показало, что при замене светильников НВА 400Н на энергосберегающие светодиодные светильники капитальные затраты составят 823570.23 тыс. руб.

Годовой потенциал энергосбережения от модернизации освещения в стоимостном выражении составит 210.765 тыс. руб., а срок окупаемости данного мероприятия около четырех лет.

## Заключение

В ходе данного курсового проекта была рассчитана сеть электроснабжения международного аэропорта Сабетта с подробной проработкой сети здания ангара. После проведения необходимых расчетов, были определены:

Полная расчетная нагрузка электроприемников здания ангара методом коэффициента расчетной мощности;

Полная суммарная нагрузка объекта в целом.

По результатам расчета нагрузки по объектам аэропорта построена картограмма нагрузок, определен центр электрических нагрузок. Установка ГПП произведена рядом с центром электрических нагрузок со смещением в сторону питающей линии. Затем были рассчитаны элементы схемы электроснабжения. По рассчитанной схеме электроснабжения была построена однолинейная схема. Электроснабжение предприятия реализуется от ПС энергосистемы, находящейся на расстоянии 1 км от объекта. Питание производится по двух цепной ВЛ напряжением 35 кВ. ВЛ исполнена проводом марки АС-50. На ГПП, для обеспечения надежности электроснабжения потребителей 1 и 2 категории, устанавливаются два трансформатора ТМ 1600.

Произведен выбор автоматических выключателей на цепочке «КТП2 – самый мощный ЭП здания». Выбраны кабели, питающие распределительные пункты (0,4 кВ), типа ВВГнг-LS и провода ответвлений к электроприемника типа ВВГнг-LS.

Произведены расчеты токов короткого замыкания в сети выше 1000 В, и до 1000 В. Выбраны высоковольтные выключатели, трансформаторы тока и напряжения. Затем, исходя из полученных данных, были проверены сети и выбранное оборудование на стойкость к токам короткого замыкания.

По результатам расчетов были построены эпюры отклонений напряжения для максимального и минимального режимов. Проанализировав эпюры можно сделать вывод, что во всех режимах отклонение напряжения не превышает максимально допустимого  $\pm 5\%$ . Также построена карта селективности, из

которой видно, что все аппараты работают в соответствии с предъявленными требованиями.



## Список использованных источников

1. Кабышев, А.В. Расчет и проектирование систем электроснабжения объектов и установок: учебное пособие и справочные материалы для курсового и дипломного проектирования / А.В. Кабышев, С.Г. Обухов. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – 248 с.
2. Сумарокова, Л.П. Электроснабжение промышленных предприятий: учебное пособие / Л.П. Сумарокова. – Томск: Изд-во ТПУ, 2012. – 288 с.
3. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Естественное и искусственное освещение.
4. ОСТ 5472003-82 Освещение искусственное в эксплуатационных предприятиях гражданской авиации
5. ГОСТ Р 55842-2013 (ИСО 30061:2007) Освещение аварийное. Классификация и нормы
6. ГРУППА КОМПАНИЙ "ВП-АЛЪЯНС" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://neva-alliance.ru> – (Дата обращения: 08.03.2019).
7. Правила устройства электроустановок: Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. – Новосибирск: Сиб. Унив. Изд-во, 2009. – 853 с.
8. ГРУППА КОМПАНИЙ "ВП-АЛЪЯНС" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://neva-alliance.ru> – (Дата обращения: 04.03.2019).
9. Быстрокабель [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bystrokabel.ru> – (Дата обращения: 02.03.2019).
10. Машинформ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mashinform.ru> – (Дата обращения: 01.03.2019).
11. Атиус [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ekb.atilus.ru/> – (Дата обращения: 08.03.2019).
12. ООО "Скат технолоджи" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.scat-technology.ru/> – (Дата обращения: 05.03.2019).
13. Кабышев, А.В. Молниезащита электроустановок систем электроснабжения: учебное пособие / А.В. Кабышев. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – 124 с.
14. Неклепаев Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций: справочные материалы для курсового и дипломного проектирования:

учебное пособие / Б.Н. Неклепаев, И.П. Крючков. – 5-е изд., стер. – СПб.: БХВ-Петербург, 2014. – 608 с.

15. Schneider Electric [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://schneider-24.ru/>– (Дата обращения: 10.03.2019).
16. ЗАО «ГК «Электрощит» -ТМ Самара» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://electroshield.ru/>– (Дата обращения: 24.02.2019).
17. <http://portal.tpu.ru:7777/departments/otdel/peo/documents/Tab1/oklad.pdf> – (Дата обращения: 17.04.2019).
18. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений Санитарные правила и нормы
19. Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96  
"Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки"  
(утв. постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 31 октября 1996 г. N 36)
20. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий
21. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда.  
Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов
22. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (ПОТЭУ)  
Утверждены Приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 24.07.2013 №328н. Вступили в силу с 4 августа 2014 года
23. ГОСТ 12.1.005-88 «Система стандартов безопасности труда»
24. Федерального закона РФ от 22.07.2008г. №123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»
25. Лампа онлайн [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lampaonline.ru/>– (Дата обращения: 01.05.2019).

- 26.Федеральный закон "О специальной оценке условий труда" от 28.12.2013 N 426-ФЗ
- 27.Р 2.2.2006-05. 2.2. Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда" (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 29.07.2005)
- 28.ГОСТ 12.2.143-2009 СИСТЕМЫ ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ЭВАКУАЦИОННЫЕ
- 29.ГОСТ 12.4.026-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний (с Поправками)